

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT  
 WASHINGTON, D. C. 20523  
**BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET**

FOR AID USE ONLY  
*Batch 89*

1. SUBJECT CLASSIFICATION	A. PRIMARY Food production and nutrition	AC00-0000-0000
	B. SECONDARY Education, extension, and advisory work	

2. TITLE AND SUBTITLE  
 Principios generales de control integrado de plagas y enferme, dades con enfasis en maiz y soya; primer curso intensivo de control integrado: Tomo I

3. AUTHOR(S)  
 (101) Calif.Univ./USAID Pest Management and Related Environmental Protection Project

4. DOCUMENT DATE 1978	5. NUMBER OF PAGES <del>214p.</del> 216p.	6. ARC NUMBER ARC
--------------------------	--	----------------------

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS  
 AID/LA/USAID/Peru

8. SUPPLEMENTARY NOTES (Sponsoring Organization, Publishers, Availability)  
 (Vol.II, 223p.:FN-AAF-702; Vol.III, 296p.:FN-AAF-703)

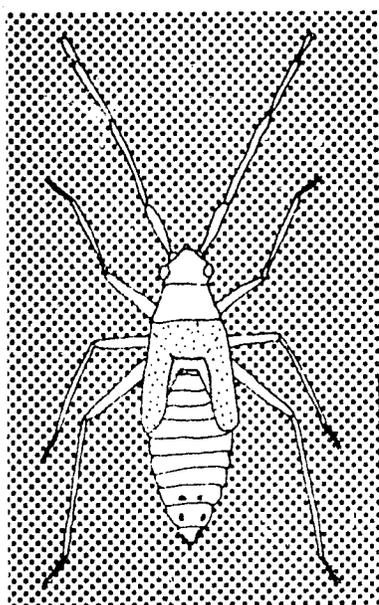
9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER PN-AAF-701		11. PRICE OF DOCUMENT
12. DESCRIPTORS Maize Meetings Personnel development Peru	Pest control Plant protection Soybean	13. FILE NUMBER 5270149
		14. CONTRACT NUMBER AID/LA/USAID/Peru
		15. TYPE OF DOCUMENT

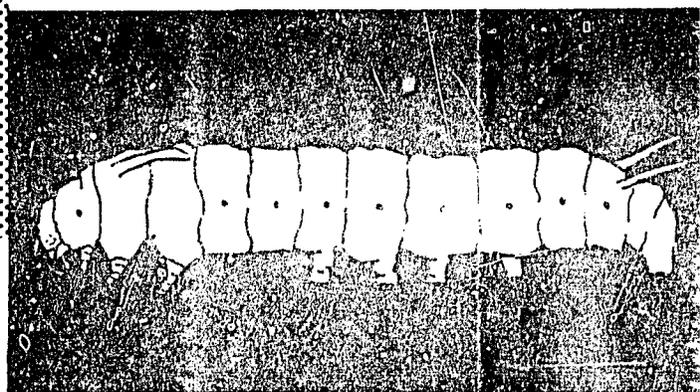
INT-MAR-1971

*Library*

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y ALIMENTACION  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA  
AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (A. I. D.)**

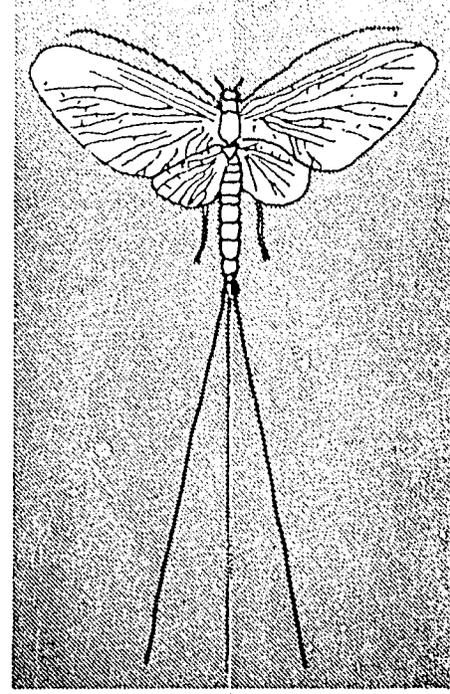


**PRIMER CURSO INTENSIVO  
DE CONTROL INTEGRADO**



**PRINCIPIOS GENERALES  
DE CONTROL INTEGRADO  
DE PLAGAS Y  
ENFERMEDADES CON  
ENFASIS EN MAIZ Y SOYA**

**Abril 17 - Mayo 26  
1978**



**TOMO I**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA - LA MOLINA  
LIMA - PERU**

Curso de:

"PRINCIPIOS GENERALES DE CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERME -  
DADES CON ENFASIS EN MAIZ Y SOYA"

Organizado por:

EL COMITE COORDINADOR DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y ALIMENTA -  
CION Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, LA MOLINA.

Auspiciado por:

LA UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA, PROYECTO UC/AID SOBRE MANEJO DE -  
PESTES Y PROTECCION AMBIENTAL

LA AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL DE LOS ESTADOS UNIDOS  
(USAID/PERU)

(Abril 17 - Mayo 26, 1978)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, LA MOLINA  
LIMA - PERU

**Coordinador General:**

Dr. Ray F. Smith  
Director del Proyecto de Manejo  
de Pestes de la Universidad de  
California/AID.

COMITE COORDINADOR NACIONAL

**Presidente**

Dr. Fausto H. Cisneros V.  
Jefe del Departamento de Sanidad  
Vegetal - Universidad Nacional  
Agraria, La Molina.

**Vice-Presidente:**

Ing. Segundo Dongo D.  
Sub-Director de Sanidad Vegetal  
Ministerio de Agricultura y Ali-  
mentación.

**Ing. Juan E. González B.**

Coordinador del Servicio de Asis-  
tencia Técnica Fitosanitaria de  
la Fundación para el Desarrollo  
Algodonero.

**Ing. Juan E. Simón F.**

Jefe del Area de Proyección de la  
Investigación del CRIA I. Ministe-  
rio de Agricultura y Alimentación.

**Ing. Gastón Martínez M.**

Dirección General de Empresas Cam-  
pesinas del Ministerio de Agricul-  
tura y Alimentación.

**Ing. Jorge Chevoté**

Delegado del Comité de Formulado-  
res de Pesticidas.

RELACION DE EXPOSITORES

- Dr. Ray F. Smith Director del Proyecto de Manejo de Pestes de la Universidad de California/AID. University of California, Berkeley.
- Dr. J. Lawrence Apple Coordinador de Programas Internacionales. Director Asociado de Investigación. North Carolina State University at Raleigh.
- Dr. Perry L. Adkisson Vice-Presidente de Agricultura y Recursos Renovables. Texas A. & M. University College Station.
- Dr. Edward H. Glass Jefe del Departamento de Entomología. New York State Agricultural Experiment Station. Cornell University.
- Dr. Robert van den Bosch Profesor del Programa de Control Biológico. University of California, Berkeley.
- Dr. Richard E. Ford Jefe del Departamento de Fitopatología. University of Illinois, Urbana.
- Dr. H. David Thurston Profesor del Departamento de Fitopatología. Cornell University. Ithaca.
- Dr. Michael E. Irwin Profesor Asistente Programa Internacional de Soya (INTSOY) University of Illinois, Urbana.
- Dr. Donald J. Calvert University of California, Berkeley.

- Ing. Oscar Beingolea                      Consultor FAO
- Dr. Fausto H. Cisneros                      Jefe del Departamento de Sanidad Vegetal - Director del Programa Académico de Agronomía. Universidad Nacional Agraria - La Molina.
- Dr. William E. Dale                          Profesor del Departamento de Sanidad Vegetal. Universidad Nacional Agraria, La Molina.
- Dr. Carlos López Ocaña                      Jefe del Departamento de Biología Universidad Nacional Agraria - La Molina.
- Dr. Klaus G. Raven                          Profesor del Departamento de Sanidad Vegetal. Universidad Nacional Agraria, La Molina.
- Dra. Teresa Ames de Icochea                Profesora del Departamento de Sanidad Vegetal. Universidad Nacional Agraria, La Molina.
- M.Sc. Ricardo Mont                          Profesor del Departamento de Sanidad Vegetal. Universidad Nacional Agraria, La Molina.
- Dr. Salomón Helfgott                        Profesor del Departamento de Fito-tecnia. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ing. Juan M. Herrera                        Profesor del Departamento de Sanidad Vegetal. Universidad Nacional Agraria, La Molina.
- M.Sc. Manuel Canro                          Profesor del Departamento de Sanidad Vegetal. Universidad Nacional Agraria, La Molina.
- Ing. Juan González                          Coordinador del Servicio de Asistencia Técnica Fitosanitaria de la Fundación para el Desarrollo Algodonero. (FUNDEAL).
- Ing. Juan E. Simón                          Jefe del Area de Proyección de la Investigación del CRIA I. Ministerio de Agricultura y Alimentación.

Ing. Luis Vera B.	Profesor del Departamento de Fito- tecnia. Universidad Nacional Agrar- ria, La Molina.
Ing. Jorge Sarmiento	Profesor del Departamento de Sa- nidad Vegetal. Universidad Nacio- nal Agraria, La Molina.
M.Sc. Jaime Castillo	Profesor del Departamento de Sa- nidad Vegetal. Universidad Nacio- nal Agraria, La Molina.
Ing. Faustino Espino	Centro Regional de Investigación Agropecuaria, La Molina. Ministe- rio de Agricultura y Alimentación.
Ing. Manuel Delgado	Centro Regional de Investigación Agropecuaria, La Molina. Ministe- rio de Agricultura y Alimentación.
Ing. Segundo Dongo	Sub-Director de Sanidad Vegetal Ministerio de Agricultura y Alimen- tación.
Dr. Carlos Olivares	Gerente de Desarrollo. Union Carbi de Inter-America Inc.
Ing. Herbert Young	Gerente División Agroquímicos. Rodval S.A.
Ing. Jesús Melgar	Gerente. Compañía Aérea Comercial. CACSA.
Ing. Rufino Montalvo	Jefe del Proyecto Frijol. Ministerio de Agricultura y Alimen- tación.
M.Sc. Hugo Sánchez	Profesor del Departamento de Fito- tecnia. Universidad Nacional Agrar- ria, La Molina.
M.Sc. Ricardo Sevilla	Director del Programa de Maíz. Uni- versidad Nacional Agraria, La Molina.
Dr. Pedro Aguilar P.	Profesor del Departamento Biología. Universidad Nacional Agraria, La Molina.

RELACION DE PARTICIPANTES OFICIALES

Avalos Quispa, Feliciano	Estación Experimental La Molina.
Avila García, Rubén D.	Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección Zonal Agropecuaria. Unidad de Servicio Especial Sanidad Vegetal. Machala - El Oro-Ecuador.
Ayquipa Aycho, Gaspar	Instituto Central de Investigaciones Azucareras (ICIA). División Técnica CECOAAP. Trujillo.
Alata Condor, Julio V.	Fundación para el Desarrollo del Algodonero (FUNDEAL) - Huaura.
Alcala Calagua, Pedro	Dirección General de Investigación. CRIA I - Huancayo.
Bartra Pereyra, Carlos	Centro de Introducción y Cría de Insectos Útiles (CICIU). Ministerio de Agricultura y Alimentación.
Bravo García, Pedro	Fundación para el Desarrollo del Algodonero. (FUNDEAL) - Chíncha.
Carbonell Torres, Elsa	Instituto Central de Investigaciones Azucareras (ICIA). División Técnica CECOAAP. Trujillo.
Cárdenas Ramos, Edison	Dirección General de Investigación CRIA III. Estación Experimental "El Porvenir"-Tarapoto.
Chapilliquen Alban, Manuel	Universidad Nacional de Piura.
Chiroque Silva, Juan	Dirección General de Investigación CRIA II. Sub-Estación Experimental de Huarangopampa-Bagua. Lambayeque.
Delgado Sisniegas, Germán	Fundación para el Desarrollo del Algodonero. (FUNDEAL) - Cañete.
Elorrieta Bolívar, Francisco	Dirección de Producción Agrícola no Alimentaria. Ministerio de Agricultura y Alimentación.

Flores Flores, Víctor I.	Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho.
Gamarra de Pacheco, Frida	Dirección General de Investigación CRIA IV. Estación Experimental . Cuzco.
García Baca, Ulises	Universidad Nacional Agraria . La Molina.
Gutarra Moreno, Fabio	Universidad Nacional del Centro. Huancayo.
Hermoza Bermejo, Wilfredo	Zona de Alimentación XIII . Ayacucho. Ministerio de Agrícola y Alimentación.
Hernández Overluijs, Klever	Fundación para el Desarrollo Algodonero (FUNDEAL). Pisco.
Herrera Alvarino, Eleodoro	Dirección General de Investigación CRIA I. La Molina.
Higaonna Ushiro, Consuelo	Dirección General de Investigación Cajamarca.
Hinojosa Maita, Fausto	Ministerio de Agricultura y Alimentación. Dirección General de Apoyo a las Empresas Campesinas.
Jara Pantigoso, Mariano	Dirección General de Investigación. CRIA I. La Molina.
Marmolejo de la Torre, F.	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) Colombia.
Martinez Maurer, Gastón	Ministerio de Agricultura y Alimentación. Dirección General de Apoyo a las Empresas Campesinas.
Ochoa Meza, Aquiles	Fundación para el Desarrollo Algodonero (FUNDEAL) . Ica.
Ojeda Peña, David	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo . Lambayeque.

Olaya Viera, Rafael	Dirección General de Investigación. Centro Regional de Investigación Agropecuaria del Norte (CRIA II) Chiclayo.
Pacora Rosales, Juan	Centro de Introducción y Cría de Insectos Útiles (CICIU). Ministerio Agricultura y Alimentación.
Pajuelo Orellana, César	Zona de Alimentación V - Ica.
Palacios Lazo, María	Programa Académico Graduados Universidad Nacional Agraria, La Molina.
Palomino Barrios, Víctor	Fundación para el Desarrollo Algo- donero (FUNDEAL). Nazca.
Palomino Vega, Alberto	Ministerio de Agricultura y Alimen- tación. Dirección General de Apoyo a las Empresas Campesinas.
Picho Martínez, Heriberto	Dirección General de Investigación. CRIA I - La Molina.
Pisfil Llontop, Alberto	Zona de Alimentación II - Jaén - Bagua - Lambayeque.
Pita Centeno, Franklin	Ministerio de Agricultura y Gana- dería. Departamento de Sanidad Ve- getal. Quito-Ecuador.
Rázuri Rázuri, Vicente	Universidad Nacional Agraria. La Molina.
Reynoso Casquel, Luís	Dirección General de Producción. Ministerio de Agricultura y Alimen- tación.
Ríos Ríos, Victoria	Ministerio de Agricultura y Alimen- tación. Zona de Alimentación II Chiclayo.
Risco Alarcon, Baudelio	Universidad Nacional San Luís Gonzaga Programa Académico de Agronomía. Ica.

Ruiz Cubillas, Pedro	Dirección General de Investigación CRIA III. Estación Experimental de Tulumayo. Tingo María.
Sanchez Deza, Pedro	Ministerio de Agricultura y Alimen- tación. Dirección General de Pro- ducción.
Senmache S. José	Zona de Alimentación II. Chiclayo.
Soto Pflucker, Oscar	Dirección General de Investigación. CRIA II. Vista Florida. Chiclayo.
Sumar Kalinowski, Luis	Universidad San Antonio Abad del Cuzco. Cusco.
Tasayco Tasayco, José	Universidad Nacional San Luis Gonz- alez. Ica.
Vasquez Torres, Renzo	Dirección General de Investigación. CRIA I. La Molina.
Urrelo Guerra, Rafael	Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María.
Valencia Onofre, Nicolás	Zona de Alimentación X - Huancayo Ministerio de Agricultura y Alimen- tación.
Vela Ahumada, Alonso	Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca.
Vilchez Gutierrez, Gonzalo	Zona de Alimentación III - Trujillo Ministerio de Agricultura y Alimen- tación.
Villegas Jaramillo, Darío	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) Colombia.
Varingano Casimiro, Vito	Zona de Alimentación IX-Tarapoto Ministerio de Agricultura y Alimen- tación.
Zanabria Huisa, Eulogio	Universidad Nacional Técnica del Al- tiplano - Puno.

**PRINCIPIOS GENERALES DE CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES CON ENFASIS EN MAIZ Y SOYA**

---

Horario de clases, prácticas de laboratorio, seminarios y visitas al campo.

FASE I

Fecha	MAÑANA: 08:30 - 12:00	TARDE: 13:00 - 14:30
Abril 17	1. Introducción al Curso Fausto H. Cisneros	Laboratorio: Entomología General William E. Dale
	2. Introducción a los conceptos de Control Integrado Ray F. Smith	
	3. Temas selectos de Entomología General. William E. Dale.	
Abril 18	1. Ecología General Carlos López Ocaña	Visita al Campo. La Molina: Reconocimiento ecológico.
	2. El Agro-ecosistema y el Manejo de Plagas Ray F. Smith	
	3. Seminario: Agroecosistemas y Conceptos de Control Integrado. R.F. Smith y J.L. Apple.	
Abril 19	1. Historia de los conceptos de Control Integrado. J. Lawrence Apple	Laboratorio: Fitopatología General Teresa Ames
	2. Entomología Económica Klaus Raven	
	3. Fitopatología I Teresa Ames	
Abril 20	1. Fitopatología Aplicada Teresa Ames	Visita al Campo La Molina: Agroecosistemas y Plagas Claves
	2. Plagas y Enfermedades claves Fausto H. Cisneros	
	3. Seminario: Plagas Claves R.F. Smith - J.L. Apple	
Abril 21	1. Análisis de la problemática fitosanitaria. Klaus Raven.	Laboratorio: Malezas
	2. El papel de la resistencia de la planta hospedera en los sistemas de control integrado. J. Lawrence Apple	
	3. El problema de las malezas Salomón Helfgott	

## FASE I

Fecha	MAÑANA: 08:30 - 12:00	TARDE: 13:00 - 16:30
Abril 24	1. El enfoque de los sistemas en el Control Integrado de Pestes. Perry L. Adkisson	Laboratorio: Nematodes Manuel Canto
	2. Control Cultural Juan Herrera	
	3. El problemas de los nematodos Manuel Canto	
Abril 25	1. Medición de las pérdidas en los cultivos causados por insectos. Perry L. Adkisson	Visita al Campo La Molina. Evaluación de daños
	2. La necesidad del análisis Costo/Beneficio en el desarrollo de Programas de Manejo Integrado de Pestes. Perry L. Adkisson	
	3. Seminario; Análisis Costo/Beneficio	

## FASE II

Abril 26	1. Prácticas agronómicas y su influencia sobre las plagas y sus daños Juan Herrera	Laboratorio: Control Biológico
	2. Conceptos y ejemplos de Control Biológico Robert van den Bosch	
	3. Control Biológico de patógenos de plantas Ricardo Mont K.	
Abril 27	1. Control Microbiológico Robert van den Bosch	Visita al campo La Molina Control Biológico.
	2. Fundamentos de la técnica de insectos estériles. Juan E. Simón.	
	3. Seminario: Interacciones entre Control de Plagas y Control de Enfermedades	
Abril 28	1. Conceptos de Control Químico Fausto H. Cisneros	Laboratorio Control Químico Fausto H. Cisneros
	2. Feromonas y Atrayentes Don Calvert	
	3. Asistencia a pesticidas Klaus Raven	

## FASE II

Fecha	MAÑANA: 08:30 - 12:00	TARDE: 13:00 - 16:30
Mayo 1	Feriado	
Mayo 2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplicación terrestre de pesticidas Fausto H. Cisneros</li> <li>2. Aplicaciones aéreas Ing. Jesús Melgar</li> <li>3. Seminario: Interacciones del Control de Plagas y la producción agrícola</li> </ol>	Laboratorio: Aplicación de pesticidas Fausto Cisneros
Mayo 3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La planta del algodón Luis Vega B.</li> <li>2. El ecosistema algodonero Juan González</li> <li>3. Los Araneidos en el Agro-Ecosistema del Algodonero peruano. Pedro Aguilar</li> <li>4. Nematodos del algodonero. Fausto Espino</li> </ol>	Visita al Campo Collique: Centro de Aplicaciones aéreas Ing. Jesús Melgar
Mayo 4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plagas del algodón Juan González</li> <li>2. Rol del Control Natural Oscar Beingolea</li> <li>3. Seminario: Rol del Control Natural</li> </ol>	Laboratorio: Plagas del algodonero

## FASE III

Mayo 5	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La planta de maíz Hugo Sánchez</li> <li>2. El Agro-Ecosistema del maíz Richard E. Ford</li> <li>3. Control de malezas en maíz Salomón Helfgott</li> </ol>	Análisis Económico del cultivo de maíz en el Perú. Ricardo Sevilla.
--------	---	--

## FASE III

Fecha	MAÑANA: 08:30 - 12:00	TARDE: 13:00 - 16:30
Mayo 8	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Las plagas del maíz Jorge Sarmiento</li> <li>2. Enfermedades del maíz en el Perú</li> <li>3. Nematodos del maíz Fausto Espino</li> </ol>	Laboratorio: Insectos-Enfermedades y Nematodos del maíz J.Sarmiento-J.Castillo-F. Espino
Mayo 9	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Control Integrado de Pestes del maíz en los Estados Unidos Richard E. Ford</li> <li>2. Niveles de límite y daño económico. Don Calvert</li> <li>3. Seminario: Niveles Económicos. R.E. Ford y H. David Thurston</li> </ol>	Desarrollo de Control Integrado de Pestes en maíz
Mayo 10	Visita al Campo : Valle de Cañete	
Mayo 11	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El ecosistema de la papa en los Andes y manejo de plagas H. David Thurston</li> <li>2. Insectos de la papa Manuel Delgado</li> <li>3. Nematodos que atacan la papa. Eduardo French Manuel Canto</li> </ol>	Laboratorio: Plagas y nemátodos de la papa
Mayo 12	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluación de la Densidad de Poblaciones de insectos Michael E. Irwin</li> <li>2. Sistemas de Evaluación de plagas en cultivos de maíz, algodón y papa. Juan Herrera.</li> <li>3. Seminario: Muestreo de plagas</li> </ol>	Visita al Campo: La Molina Muestreo y Evaluación de plagas  Virosis en maíz J. Castillo

## FASE III

Fecha	MAÑANA: 08:30 - 12:00	TARDE: 13:00 - 16:30
Mayo 15	1. La planta de soya Rufino Montalvo	Laboratorio: Plagas de la soya
	2. El Ecosistema de la soya Michael E. Irwin	
	3. Control de malezas en soya Salomón Helfgott	
Mayo 16	1. Insectos de la soya en el Perú. Michael E. Irwin	Laboratorio: Plagas-Nemátodos y Enfermedades de la soya
	2. Nemátodos de la soya Fausto Espino	
	3. Enfermedades del frijol y soya. Segundo Dongo	
Mayo 17	1. Manejo Integrado de un Ecosistema frutícola Oscar Beingolea	Laboratorio: Plagas de frutales
	2. Control Integrado de Pestes en huertos caducifolios en Estados Unidos Edward Glass	
	3. Seminario: Control Integrado en huertos frutícolas	
Mayo 18	Visita al Campo: Valle de Chancay	
Mayo 19	1. Diagnósis Teresa Ames	Laboratorio: Diagnósis de enfermedades
	2. Desarrollo de Pesticidas Carlos Olivares	
	3. Formulación y Comercialización de Pesticidas Herbert Young	
	3. Reglamentación de cultivos en el Perú. Juan González	

FASE IV

Fecha	MAÑANA: 08:30 - 12:00	TARDE: 13:00 - 16:30
Mayo 22	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso de reguladores del crecimiento e inhibidores del desarrollo de insectos en la represión de plagas. William E. Dale</li> <li>2. Los pesticidas y el medio ambiente Fausto H. Cisneros</li> <li>3. Seminario: Pesticidas y Medio Ambiente</li> </ol>	Visita a Planta Formuladora de Pesticidas. Rodval S.A.
Mayo 23	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El uso selectivo de insecticidas Fausto H. Cisneros</li> <li>2. El uso de pesticidas en el Control Integrado de Plagas Edward Glass</li> <li>3. Seminario: El uso de pesticidas en el Control Integrado de Plagas.</li> </ol>	Desarrollo del Control Integrado de Pestes de la Soya

FASE V

Mayo 24	-Perspectivas del Control Integrado en la Costa Central del Perú*  -Perspectivas del Control Integrado en la Costa Norte (Piura-Tumbes) del Perú*	
Mayo 25	-Perspectivas del Control Integrado en la Sierra Central y Sur*  -Perspectivas del Control Integrado en la Selva*	Viaje al Campo
Mayo 26	-Desarrollo y Avance de los Programas de Control Integrado en Colombia y Ecuador.	Ceremonia de Clausura: Entrega Certificados.

\* Introducción por los participantes del área local seguida de una discusión de grupo.

## CONTENIDO

### VOLUMEN - I

1. Introducción ..... F. H. Cisneros V.
2. Principios de Control Integrado de Pestes ..Ray F. Smith y  
J.L. Apple
3. El Control Integrado de Plagas y su implementación práctica  
..... Ray F. Smith
4. Ecología General ..... C. López O.
5. El Agroecosistema y el Manejo de Plagas..... Ray F. Smith
6. Historia de los Conceptos de Control Integrado..J.L. Apple
7. Plagas y Enfermedades Claves ..... F.H. Cisneros V.
8. Niveles de Límite y Daño Económico .....D.J. Calvert
9. Evaluación de la Densidad de Población de Insectos  
..... M.E. Irwin
10. Sistemas de Evaluación de Plagas en Cultivos de Algodón,  
Maíz y Papa ..... J. Herrera A.
11. Análisis de la Problemática Fitosanitaria..... K. Raven B.
12. Fitopatología I ..... T. Ames I.
13. Fitopatología Aplicada ..... T. Ames I.
14. El papel de la Resistencia de la Planta Hóspedera en los  
Sistemas de Control Integrado..... J.L. Apple
15. El Problema de las Malezas..... S. Helfgott L.
16. El Problema de los Nemátodos ..... M. Canto S.
17. Control de Nemátodos..... M. Canto S.
18. La Necesidad del Análisis Costo/Beneficio en el Desarro-  
llo de Programas de Manejo Integrado de Pestes.....  
..... P.L. Adkisson
19. Medición de las Pérdidas en los Cultivos causados por in-  
sectos.....P.L. Adkisson y Ray F. Smith.
20. Temas Selectos de Entomología General..... W.E. Dale L.

VOLUMEN - II

1. El Enfoque de los Sistemas en el Control Integrado de Pestes..... P.L. Adkisson
2. Prácticas Agronómicas y su Influencia sobre las plagas y sus daños.....J. Herrera A.
3. Control Cultural.....J. Herrera A.
4. Conceptos y Ejemplos de Control Biológico.R. van den Bosch
5. Control Microbiológico.....R. van den Bosch
6. Control Biológico de Patógenos de Plantas ..... R. Mont K.
7. Rol del Control Natural..... O. Beingolea G.
8. Fundamentos de la Técnica de Insectos Estériles..... J.E. Simón F.
9. Feromonas y Atrayentes..... D.J. Calvert
10. Diagnósis de Enfermedades..... T. Ames I.
11. Reglamentación de Cultivos en el Perú..... G. González B.
12. Uso de Reguladores de Crecimiento e Inhibidores del Desarrollo de Insectos en la Represión de Plagas..W. Dale L.
13. Conceptos de Control Químico.....F.H. Cisneros V.
14. El Uso de Pesticidas en el Control Integrado de Plagas.... E.H. Glass
15. El Uso Selectivo de los Insecticidas.....F.H. Cisneros V.
16. Aplicación Terrestre de Pesticidas.....F.H. Cisneros V.
17. Aplicaciones Aéreas ..... J. Melgar
18. El Desarrollo de los Pesticidas..... C. Olivares M.
19. Formulaci3n y Comercializaci3n de Pesticidas..... H. Young
20. Los Pesticidas y el Medio-Ambiente..... F.H. Cisneros V.
21. Resistencia a Insecticidas ..... K. Raven B.

VOLUMEN - III

1. La Planta de Soya ..... R. Montalvo
2. El Ecosistema de la Soya ..... M.E. Irwin
3. Insectos de la Soya en el Perú ..... M.E. Irwin
4. Enfermedades de Frijol y la Soya..... S. Dongo D.
5. Nemátodos de la Soya ..... F. Espino S.
6. Control de Malezas en Soya ..... S. Helfgott L.
7. La Planta de Maíz..... H. Sánchez
8. El Agroecosistema del Maíz..... R.E. Ford
9. Las Plagas del Maíz ..... J. Sarmiento M.
10. Enfermedades del Maíz en el Perú..... J. Castillo L.
11. Nemátodos del Maíz ..... F. Espino S.
12. Control de Malezas en Maíz..... S. Helfgott L.
13. Control Integrado de Pestes de Maíz en los Estados Unidos  
..... R.E. Ford
14. Análisis Económico del Cultivo del Maíz en el Perú.....  
..... R. Sevilla P
15. La Planta del Algodón..... L. Vega B
16. El Ecosistema del Algodonero..... J. González B
17. Plagas del Algodonero..... J. González B.
18. Los Araneidos en el Agro-ecosistema del algodón peruano.  
..... P.G. Aguilar F.
19. Nemátodos del Algodonero..... F. Espino S.
20. El Ecosistema de la Papa en los Andes y Manejo de Pestes..  
..... H.D. Thurston
21. Insectos de la papa..... M. Delgado P.
22. Nemátodos que atacan a la papa..... M. Canto S.
23. Manejo Integrado de un Ecosistema Frutícola...O. Beingolea
24. Control Integrado de Pestes de Huertos Caducifolios en  
U.S.A. .... G. H. Glass
25. Desarrollo y Avance de los Programas de Control Integrado en  
Colombia ..... F.Marmolejo y D. Villegas
26. Programa de Control Integrado de Plagas.C.Marín-F. Polania F.

## INTRODUCCION

Dr. Fausto Cisneros V.  
Presidente del Comité Coordinador  
Universidad Nacional Agraria, La Molina.

Distinguidos colegas participantes: es para mí un placer darles la bienvenida en nombre del Comité Coordinador de este Primer Curso sobre Control Integrado de Pestes y expresarles el deseo de que estas seis semanas que utilizaremos en intercambiar ideas y experiencias redunden en beneficio de nuestra capacidad profesional para mejorar nuestros enfoques de protección de cultivos y, consecuentemente, nuestra contribución al incremento de la producción agrícola, a la mejora del nivel de vida del campesino y a la protección del consumidor y del medio ambiente.

El curso que hoy día tenemos la satisfacción de iniciar ha tenido un largo período de gestación. Hace unos siete años el Dr. Ray F. Smith y algunos colegas peruanos desarrollaron la idea del curso y elaboraron un programa tentativo que el año pasado se reactualizó con la visita del Dr. Ray F. Smith a La Molina con motivo de las Bodas de Diamante de la Universidad Nacional Agraria. La realización del curso es una satisfactoria colaboración entre el Ministerio de Agricultura y Alimentación y la Universidad Nacional Agraria La Molina, contando con el auspicio del Proyecto de Manejo de Pestes de la Universidad de California y la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (AID).

Demás estaría enfatizar la necesidad de incrementar la productividad y la producción agrícola de los países en vías de desarrollo, en particular la del Perú que tiene uno de los más bajos índices de tierra cultivada por habitante. De la misma manera, todos sabemos que son importantes factores limitantes de la producción agrícola la ocurrencia de plagas, enfermedades y malezas; y que cualquier esfuerzo serio para mejorar los rendimientos agrícolas necesariamente deberán considerar mejores métodos de protección fitosanitaria; es decir mejores métodos de control de pestes: plagas, enfermedades y malezas. Para enfocar estos aspectos, precisamente, estamos reunidos.

Sabemos que la tarea es difícil, que nuestra agricultura comprende amplios rangos de tecnología, desde la razonablemente avanzada en ciertos valles de la costa a la agricultura de subsistencia en grandes áreas de la sierra; que las realidades ecológicas son igualmente diversas como consecuencia de nuestra accidentada geografía; y que por estas razones difícilmente pueden hacerse generalizaciones válidas. Sabemos también que las experiencias logradas en los países desarrollados difícilmente tienen aplicación directa en nuestras condiciones; sin embargo, lo que se trata ahora es revisar nuestra manera de enfocar los problemas fitosanitarios y considerar las alternativas más razonables de los distinguidos profesores extranjeros que nos visitan a la luz de nuestras experiencias. La experiencia mundial y la nacional nos lleva a reconocer que la protección de los cultivos no puede descansar exclusivamente o básicamente en el control químico, por las razones que se revisarán durante el curso, y que

no existen alternativas simples. El enfoque del Control Integrado de Pestes es complejo. Su implementación en nuestro medio es un reto que aceptamos todos los que estamos aquí presentes. Afortunadamente tenemos las experiencias de distinguidos entomólogos que por muchos años han dado un enfoque ecológico al control de plagas del algodón en el Perú con -- éxito realmente extraordinario. Aquí debo expresar nuevamente mi reconocimiento al Dr. Smith quien ha jugado un rol importante en la difusión a nivel mundial de estos éxitos nacionales.

Para terminar, deseo a Uds. una feliz y provechosa estadía durante el curso.

## PRINCIPIOS DE CONTROL INTEGRADO DE PESTES

1

Ray F. Smith y J. Lawrence Apple 2

El control integrado de pestes es un enfoque ecológico amplio al de pestes utilizando una variedad de tecnologías compatibles en un sólo sistema de manejo de pestes. En el control integrado de pestes, se pone énfasis en la importancia de los niveles de daños económicos realistas que son usados para determinar la necesidad de acciones de control. Al mismo tiempo, se hace todo lo posible para proteger y preservar los agentes bióticos de mortalidad de ocurrencia natural tales como parásitos, predadores y patógenos. Cuando se necesitan controles artificiales, por ejemplo aplicaciones de pesticidas, ellos se utilizan de manera tan selectiva como fuera posible y solamente cuando su uso resulta justificado económicamente y ecológicamente. El objetivo último del sistema de control integrado de pestes es producir la óptima cosecha de alta calidad al mínimo costo, tomando en consideración las limitaciones ecológicas y sociológicas en ese agroecosistema - particular y la preservación del medio ambiente o largo tiempo. Este es el ideal del control integrado hacia el cual debemos dirigirnos.

En su forma más amplia, el control integrado considera a todas las plagas claves en un agroecosistema; es decir insectos, patógenos, malezas y nemátodos. En su forma más restricta, el control integrado puede aplicarse a una sola plaga principal. Sin embargo, es de la mayor importancia la aplicación de la filosofía y principios ecológicos inherentes al concepto.

Con los años han emergido gradualmente una serie de principios para la aplicación de la filosofía de Control Integrado de Pestes. Ellos se presentan en forma esquemática más adelante en un orden lógico de aplicación cuando se desarrolla un sistema de manejo integrado de pestes. Sin embargo, debe recordarse que estos principios están estrechamente interrelacionados y deben aplicarse en el contexto del agroecosistema pertinente.

- I. Identidad de las pestes (enfermedades, insectos, malezas, etc) que van a manejarse en el sistema de producción del cultivo o agroecosistema.
  - A.- Un organismo no debe llamarse peste hasta que se haya probado que es una peste. Una especie en particular puede ser peste en algunas situaciones y no en otras o en ciertas épocas y no en otras.
  - B.- La identificación del estado de peste debe estar aparejada con el establecimiento de límites de daños económicos (ver más adelante).
  - C.- Las pestes interactúan unas con otras y esta interacción puede confundir o balancear sus efectos en el cultivo. No debemos conjeturar que sus efectos son aditivos.

1. Profesor de Entomología, Departamento de Ciencias Entomológicas, y Director del Proyecto de Manejo de Plagas. Universidad de California/AID. University of California, Berkeley.
2. Profesor de Fitopatología y Genética, Coordinador de Programas Internacionales. Director Asociado de Investigación. North Carolina State University in Raleigh.

#### D.- Categorías del estado de peste.

- 1.- Pestes Claves, son especies persistentes, que ocurren en forma perenne, serias, que requieren medidas de control, pues en ausencia de medidas de control frecuentemente se presentan sobre los niveles de daños económicos. Generalmente hay sólo unas pocas especies de pestes claves (a veces sólo una o dos) con un agroecosistema. Las pestes claves son el punto focal de los sistemas de manejo de pestes.
- 2.- Pestes ocasionales o secundarias, son pestes relativamente menores que suben a niveles de daño económico solamente en ciertos períodos o en ciertos lugares. Estas pestes ocasionales son especialmente susceptibles al enfoque de control integrado de pestes orientado a prevenir sus irrupciones ocasionales. La tecnología de predicción es especialmente útil para estas pestes a "tiempo parcial".
- 3.- Pestes potenciales, no causan daños significativos bajo las condiciones normales prevalecientes en los agroecosistemas. En los esfuerzos por manejar las pestes claves o las pestes ocasionales debe tenerse cuidado de no alterar las condiciones del agroecosistema que puedan provocar que las pestes potenciales emerjan como pestes severas.
- 4.- Pestes migrantes, son no-residentes del agroecosistema que entran periódicamente y que pueden causar serio daño económico, por ejemplo migración de langostas y gusanos ejército. El enfoque ecológico al control de tales pestes es aún válido pero debe aplicarse en la perspectiva de un área geográfica muy grande.
- 5.- Muchas otras especies fitófagas pueden estar presentes en el agroecosistema pero son consideradas no-pestes.

#### II. Definir la unidad de manejo, es decir el agroecosistema.

- A. Los límites del agroecosistema están determinados principalmente por las características del sistema de cultivo local y las características de las pestes (particularmente sus patrones de movimientos o vagilidad). Los límites pueden circunscribirse a un árbol o a un huerto, o a un valle, o a un estado, o a un país.
- B. La definición de la unidad de manejo es otra manera de enfocar la definición de población de plaga motivo de control (Rabb, - - 1978).
- C. Para definir los límites de un agroecosistema en forma apropiada se requiere de un conocimiento íntimo de las interrelaciones o movilidad de las plagas claves en el agroecosistema.

### III. Desarrollo de la Estrategia de Manejo de Pestes.

- A. La estrategia fundamental del manejo de pestes es el uso coordinado de tácticas múltiples en un solo sistema integrado con el objeto de mantener las densidades de las plagas y sus daños a niveles tolerables. Se trata de una estrategia de contención en lugar de una estrategia de erradicación.
- B. Las tácticas fundamentales del control integrado de pestes son:
  1. Utilización del control natural indígena.
  2. Manejo por medio de prácticas culturales.
  3. Uso de la resistencia y tolerancia inherentes a la planta.
  4. Uso selectivo de pesticidas químicos. La manera de utilizar estas tácticas dependerán del agroecosistema específico y la naturaleza de sus plagas claves.
- C. Cualquier procedimiento de control de plagas debe ser aplicado solamente cuando se justifica económicamente y ecológicamente.
- D. ¿Cómo se relaciona la diversidad del agroecosistema a la estrategia de manejo de pestes?. Depende de la clase o calidad de la diversidad del agroecosistema. Este aspecto de la diversidad debe entenderse en el desarrollo de la estrategia del manejo del agroecosistema.
- E. La estrategia del manejo de pestes puede estar orientado a:
  1. Reducir el nivel de la infestación original de la peste o del inoculum en el agroecosistema.
  2. Modificar la tasa en que la peste aumenta en el agroecosistema.
  3. Reducir el ingreso de invasores al agroecosistema.
  4. O alguna combinación de estos tres. La exacta combinación dependerá de las características de la peste y del agroecosistema.

### IV. Establecer los límites de daño económico.

- A. El límite de daño económico es el nivel de población de la peste o nivel de intensidad de la peste que produce una reducción en el valor de la cosecha mayor que el costo de implementación de una acción de manejo de la peste. (El nivel de la intensidad de la peste puede medirse por varios índices de presencia; ejemplo la cantidad de inoculum presente, o el número de individuos de una peste por unidad de superficie).

- B. A menudo los límites de daños económicos varían de acuerdo al tiempo fenológico o al estado fisiológico de la planta cultivada.

Para establecer el límite de daño económico debe conocerse algo de lo siguiente:

1. Métodos para medir la respuesta de la planta al impacto o daño o de la peste.
2. Métodos para medir directamente o indirectamente la abundancia o intensidad de la peste; es decir, muestreos.
3. La pérdida en el cultivo por los niveles anticipados de intensidad de la peste, en términos de cantidad y calidad del cultivo y su valor económico.
4. Análisis del costo/beneficio de la acción de manejo de peste propuesta.

- D. El establecimiento de un límite de daño económico es el área más difícil de investigación que afronta el investigador del manejo integrado de pestes.

- E. El límite de tratamiento económico es un nivel al cual debe tomarse una acción para prevenir el daño económico. Es un nivel de la intensidad de la peste algo más bajo que el nivel de daño económico.

En el límite de tratamiento económico, si se toma la decisión de efectuar una acción de manejo de la peste, debe haber suficiente tiempo antes de que se alcance el nivel de daño económico para permitir que las acciones de control puedan ser llevadas a cabo y que se produzca sobre ellas el impacto que se ha previsto.

Para establecer un límite de tratamiento económico se requiere algún conocimiento sobre:

a) patrones futuros de la intensidad de la peste, b) factores que influyen el límite de daño económico y c) el potencial del daño de la peste en la situación específica del cultivo.

- F. No todas las acciones de control de la peste se basan en la respuesta directa de los niveles de la intensidad de la peste. Por ejemplo:

Acciones preventivas o profilácticas pueden tomarse anticipadamente a la presencia de la peste. Ellas son: a) dirigidas a bajar el nivel promedio de la peste, b) alterar la distribución de la población de la peste, o c) alterar la estructura básica del sistema del manejo del cultivo.

2. Pero muchos otros pueden tomarse durante el curso de la estación del cultivo en respuesta a el desarrollo estacional de las plagas en el cultivo, o a la presencia o ausencia de elementos claves en el sistema de manejo, o cambios en los niveles de las plagas.

La respuesta dentro de la estación normalmente es una acción temporal, supresora, por ejemplo una práctica cultural o una aplicación de pesticidas.

- G. En algunas situaciones, puede ser posible levantar el límite de daño económico por medio de manipulaciones apropiadas de los componentes del agroecosistema. Esto puede ser tan efectivo para cambiar el status de la plaga con la reducción del nivel medio de la población.
  - H. El objetivo de un sistema de control integrado de plagas es manejar y manipular el agroecosistema de manera que la incidencia de plagas siempre permanezca debajo de los límites de daños económicos.
- V. Desarrollar un sistema de monitoría confiable y técnicas de predicción.
- A. Desarrollar una comprensión suficiente del sistema de producción del cultivo y agroecosistemas asociados para pronosticar (con predicciones a corto y a largo términos) los problemas potenciales de manera que sea posible tomar las medidas necesarias para evitar que ocurran estos hechos.
  - B. El desarrollo de una técnica de predicción bien fundamentada puede estar basada en una o en la combinación de lo siguientes: a) un entendimiento de la fenología del cultivo y su relación con las plagas correlativas, b) un entendimiento de la fenología de la plaga, c) monitoría de la incidencia de la plaga, y d) monitoría de las condiciones climáticas.
- VI. Desarrollar modelos descriptivos y predictivos
- A. Este es el último objetivo en los sistemas de control de plagas más sofisticados pero no es un requisito absoluto para el desarrollo del control integrado de plagas. Sin embargo una bien fundamentada comprensión del agroecosistema siempre es un requisito para el control integrado de plagas.
  - B. Los pasos usuales en el enfoque del análisis de sistemas puede describirse así:
    1. Análisis cualitativo de la estructura y comportamiento del agroecosistema. Esto generalmente da lugar a un diagrama de flujos con varios componentes identificados conjuntamente con sus interacciones.

2. Formulación de un modelo matemático para el agroecosistema. Esto pone el diagrama de flujo en términos matemáticos.
3. Evaluación del adecuamiento del modelo. La capacidad de predecir se comprueba con los hechos reales del agroecosistema. Las brechas o faltas de información sobre el ecosistema pueden ser identificadas por medio de este proceso.
4. Evaluación matemática y análisis del comportamiento del agroecosistema conjuntamente con el refinamiento del modelo matemático.
5. Optimización de las decisiones sobre el manejo del agroecosistema. El modelo es utilizado como una herramienta para alcanzar una decisión en el mejor procedimiento para obtener el beneficio deseado al costo más bajo.

VII. Dominar las barreras socio-económicas para el establecimiento de sistemas de control integrado de plagas.

- A. Dominar las actividades sociales, económicas y políticas que interfieren con el desarrollo y establecimiento del control integrado de plagas.
- B. Demostrar que la producción de cultivos alimenticios concierne a todas las personas. Demostrar que el Control Integrado de Plagas es un enfoque práctico y sensible para tratar los problemas de plagas.
- C. Crear una conciencia real de la necesidad de conservar el medio ambiente y los recursos de la biósfera. Planificar la utilización racional del medioambiente. Crear una ética medioambiental.
- D. Establecer y mantener adecuados sistemas de comunicación.
- E. La educación es la clave de este proceso.

Bibliografía

- Apple, J. Lawrence. 1977. The theory of disease management. pp. 79-101. J. Horsfall and E.B. Cowling, eds. Plant Disease Vol. I. Academic Press Inc. New York, N.Y.
- Apple, J.L. and R.F. Smith, 1976. Integrated pest management. Plenum Press, New York, 200 pp.
- Council on Environmental Quality. 1972. Integrated Pest Management. U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C.
- Glass, E.H. 1975. Integrated Pest Management: Rationale, Potential, Needs and Implementation. Entomol. Soc. Amer., Spec. Publi. 75-2.

- 1-
- National Academic of Sciences. 1969. Insect pest management and control. Nat. Acad. Sci., Nat. Res. Council. Publ. 1965. (Principles of plant and animal control. Vol. 3). Washington D.C. 508 pp.
- Rabb, R.L. 1978. A sharp focus on insect populations and pest management from a wide-area view. Bull. Entomol. Soc. Amer. 24(1):55-61.
- Rabb, R.L., Frank Gutline, eds. 1970. Concepts of pest management. Proceedings of a Conference. North Carolina State Univ. Raleigh, N. C., March 25-27, 1970.
- Smith, R.F. 1962. Proceeding N. Central Branch., Ent. Soc. Amer. 17:71
- Smith, R.F. and R. van den Bosch. 1967. Integrated Control. In W.W. Kilgore & R.L. Doutt, eds. "Pest Control: Biological, Physical and Selective Chemical Methods. pp. 295-340. Academic Press, New York.
- Stern, W.M., R.F. Smith, R. van den Bosch and K.S. Hagen. 1959. The integrated control concept. Hilgardia 29: 81-101.

EL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS  
Y SU IMPLEMENTACION PRACTICA

RAY F. SMITH

PROFESOR DE ENTOMOLOGIA  
Departamento de Ciencias Entomológicas  
Universidad de California, Berkeley

Director del UC/AID Proyecto en Manejo de Plagas

El control integrado es un amplio enfoque ecológico para el control de plagas que utiliza una variedad de tecnologías de control compatibles en un solo sistema de manejo de plagas. En el control integrado, se hace énfasis en la importancia de niveles de daño económico realísticos, los que se usan para determinar la necesidad de medidas de control. Al mismo tiempo, se hace todo lo posible para proteger y preservar los agentes de mortalidad biótica que aparecen en la naturaleza tal como parásitos, predadores y patógenos. Cuando se necesitan controles artificiales, por ejemplo, aplicaciones de pesticida químico se emplean de manera tan selectiva como sea posible y sólo cuando su uso es económico y ecológicamente justificado. El objetivo último del sistema de control integrado es producir un óptimo rendimiento en el cultivo de alta calidad y al mínimo costo, tomando en consideración las exigencias ecológicas y sociológicas de ese sistema agroecológico en particular, y la preservación a largo plazo del ambiente. Este es el ideal de control integrado hacia el que trabajamos.

En vista de la considerable discusión en varios lugares acerca del término "Control Integrado", es apropiado describir lo que no es el Control Integrado. No depende únicamente de predadores o parásitos aunque los enemigos naturales son utilizados y fomentados tanto como sea posible en el sistema. No es el control biológico clásico, aunque esta tecnología puede ser puesta en uso donde sea posible. No es el uso del método de liberar insectos estériles, ni es el uso de feromonas, hormonas y otros métodos biológicos de control que no han sido ampliamente probados o comprobados aunque eventualmente podemos usar dichas técnicas en el control integrado y estamos luchando por hacerlo. No es la eliminación o prohibición del DDT o cualquier otro pesticida químico, aunque en un sistema particular de control integrado pudiera ser necesario restringir el uso de la mayoría de los pesticidas y no usar otros. No es el desarrollo sobre un período largo con mucho esfuerzo de investigación de un sistema completamente nuevo de control de plagas que entonces se establece en lugar del viejo sistema; más bien el proceso es una serie de pasos incrementables que gradualmente modifican al viejo sistema de control de plagas.

Hoy día, la mayoría de las personas relacionadas con el control de plagas define el término "Control Integrado" bastante ampliamente; como un ejemplo me gustaría citar el complejo propuesto por el grupo de expertos sobre control integrado de plagas de la FAO. Ellos definen el control integrado como "un sistema de manejo de plagas que en el contexto del ambiente relacionado y la dinámica de población de la especie de plagas, utiliza todas las técnicas y métodos apropiados de la manera más compatible posible y mantiene la población de plagas a niveles más bajos que los que causan daño económico." En su sentido restringido, el control integrado se refiere al manejo de una sola especie de plaga, sobre un cultivo específico o en un lugar determinado. En un sentido más general, se aplica al manejo coordinado de todas las poblaciones de plagas, en todo el ambiente agrícola o forestal. Aún más, debe enfatizarse que el control integrado no es simplemente la yuxtaposición o superposición de dos técnicas de control tales como control químico y biológico, sino más bien es la integración de todas las técnicas de manejo apropiadas con los elementos reguladores y limitadores naturales del ambiente. El control integrado deriva su exclusividad de enfoque, del énfasis sobre la total utilización práctica de la mortalidad existente y de los factores supresivos del sistema agroecológico.

Principios: Sigue de esta discusión sobre la definición básica, que el control integrado tiene dos principios fundamentales que los guían:

El primero es "considerar el sistema agroecológico." En otras palabras, el control de plagas debe ser desarrollado y aplicado en el contexto del ambiente total. Las poblaciones de plagas son manejadas de tal manera que los existentes factores limitantes y reguladores son explotados en su máxima extensión posible y sin perturbar la regulación de otras plagas. Este principio define el enfoque filosófico fundamental a control integrado.

El segundo es "utilizar los niveles de daño económico." La determinación de niveles de daño tolerables de plagas en terrenos agrícolas de cultivos y bosques es un prerrequisito esencial para el desarrollo de programas integrados de control de plagas. La mortalidad adicional o factores reguladores son introducidos al ambiente por el hombre a un tiempo apropiado para mantener la población de las plagas a un nivel más bajo que aquellos que causen daño económico. Esos niveles económicos deberán ser determinados en términos de la pérdida anticipada del cultivo en ausencia de una medida de control y la economía de la producción del cultivo y su mercado. Este principio define la meta del sistema de control integrado.

Sistemas Agroecológicos: El término sistema agroecológico proviene del término ecológico bien conocido "ecosistema" y subraya las características especiales de los ecosistemas agrícolas. El sistema agroecológico es una unidad compuesta del total complejo de organismos en un área de cultivo junto con el ambiente total condicionante, y es modificado

aún más por las varias actividades agrícolas, industriales, recreativas y sociales del hombre. Nótese que el concepto de "plaga" no es una parte esencial de la definición del sistema agroecológico. En el análisis práctico del sistema ecológico para el manejo de plagas, nos debemos concentrar sobre los números de las especies de plagas, sus competidores, los organismos devoradores de la plaga, los suministros del alimento principal y alimentos alternativos de la plaga y la manera en que los otros elementos del ambiente los modifican. La determinación del número de insectos está ampliamente bajo la influencia del sistema agroecológico y es esencial el conocimiento de cómo opera esta influencia para el manejo integrado de población de plagas. Un entendimiento profundo del sistema agroecológico también es necesario para armonizar las prácticas de control de diversas plagas de tal manera que prevenga efectos desorganizadores inaceptables. Del mismo modo, un conocimiento del sistema agroecológico permite un juicio sobre los factores de mortalidad operantes sobre una plaga o sobre la población de una plaga potencial y sugerirá la manipulación subsecuente para reforzar o mejorar su acción.

El hombre ha sido un elemento dinámico en su ambiente desde que apareció en escena, justo como hicieron otras especies abundantes. Su caza, su uso del fuego, sus prácticas agrícolas (especialmente la irrigación y el sobrepastoreo), su tala de los bosques, y otros actos no intencionados han modificado el paisaje en un grado elevado. Sólo tenemos que ver alrededor de nosotros en casi cualquier parte del mundo para ver un ejemplo de como el hombre ha modificado profundamente el sistema agroecológico. El impacto del hombre ha cambiado tanto el ambiente en tantas partes, que es difícil encontrar evidencia del sistema ecológico original que existió hace muchos siglos. Por su uso agrícola de la tierra y por sus otras actividades, ha reducido la complejidad de su ambiente local y de otros modos lo ha modificado. Por esta razón, es muy útil hablar acerca de este nuevo sistema ecológico modificado por el hombre como un sistema agroecológico. El impacto del hombre sobre su medio ambiente a través del mundo está hoy día constantemente incrementándose y más que nunca debemos saber lo que estamos haciendo. Es esencial que nosotros sepamos suficiente acerca de estos sistemas agroecológicos para planear su manejo y su evolución.

Los procedimientos de protección de cultivos, son una fase importante del manejo de un sistema agroecológico. En el pasado, el hombre a través de experimentos y errores adaptó su agricultura y otras actividades a los cambios conforme ocurrían. Pero ahora la marcha del cambio es tan rápida y nuestras necesidades de producir alimento tan grandes, que no hay tiempo para experimentos y errores. Nosotros debemos primero saber sobre en que basar nuestro control del sistema agroecológico.

El concepto del sistema agroecológico se aplica a la agricultura de subsistencia también como a la más sofisticada de las agriculturas científicas. El punto es que ambas son situaciones ecológicas y para controlar o manejar cualquier situación ecológica, se deben usar principios -

ecológicos. En nuestro concepto del sistema agroecológico para el control integrado, es frecuentemente importante que consideremos las especies de plagas y sus enemigos naturales en la manera en que ocurren fuera del área específica del cultivo, por ejemplo, sobre hospederos alternos y en áreas incultivadas.

Los sistemas agroecológicos varían ampliamente en su estabilidad, complejidad y tamaño. También es importante considerar que están en continuo proceso de evolución. Los cambios en las prácticas agrícolas, variedad de cultivo o los procedimientos de control de plagas pueden modificar grandemente los ecosistemas. Los límites son frecuentemente difíciles de definir precisamente, particularmente con ambientes complicados y donde se trata de especies de plaga que emigran bastante lejos.

El especialista en control integrado--el encargado de manejar las plagas--tiene que manipular el sistema ecológico. Tiene que confiar para su decisión de un análisis de los sistemas económicos y biológicos de control de plagas y la protección del cultivo que abarca todos los factores significativos que actúan sobre el complejo de plagas reales y potenciales y la interacción de tales factores entre ellos y con otros procesos en la producción del cultivo. La estrategia del control integrado emplea la idea de llevar al máximo las fuerzas naturales de control y de utilizar cualquier otra táctica con un mínimo de disturbio y sólo cuando haya amenazas de pérdida que justifiquen la acción. Deben usarse los insecticidas dentro de los sistemas agroecológicos--sus blancos son los insectos pero debemos entenderlos dentro del contexto de los sistemas agroecológicos. Esto es lo que el control integrado de plagas pretende hacer.

La Importancia de los niveles económicos: Aunque hace mucho que los niveles de daño económico se han considerado de importancia para determinar las necesidades de control de plagas, ellos toman un significado más dentro del control integrado de plagas. Para clarificar la relación fundamental entre los insectos y las pérdidas de cultivo es conveniente hacer una clara distinción entre la presencia del número de insectos, que es lo que hacen esos insectos a las plantas de cultivo, y la subsecuente pérdida en el rendimiento y calidad del cultivo cosechado. La interacción entre los números de insectos y el ambiente produce un patrón de conducta que puede o no dañar la planta del cultivo, es decir, resultar en daño a la planta. El daño a la planta puede o no resultar en pérdida del cultivo y en algunas instancias puede aún ser benéfico y resultar en un cultivo incrementado.

La pérdida del cultivo es una reducción en la calidad o en la cantidad del producto recolectado. La pérdida en calidad puede ser en su aspecto, valor nutritivo u otros valores que influyan en el último uso del cultivo. Cualquier pérdida particular del cultivo, puede o no, ser una pérdida económica. Desde la amplia vista de la sociedad humana, todas las pérdidas del cultivo deben ser consideradas pérdidas. Sin embargo, el agricultor, el productor del cultivo, considera sólo una parte de la reduc --

ción en el rendimiento o en la calidad, como una pérdida económica. Su de terminación hecha consciente o intuitivamente, sobre buenos o malos conse jos, o como quiera que sea, será influenciada por tales elementos como la tecnología disponible para la protección de cultivos, costo para evitar la pérdida potencial, condiciones de mercadeo y el uso final del cultivo.

Casi cualquier aspecto de un sistema agroecológico puede tener algu na influencia significativa sobre el complejo de plagas y de ahí, sobre el daño de la planta y posiblemente sobre la pérdida del cultivo. Esto ha ce muy difícil la determinación y evaluación del daño de la plaga a las plantas y el establecimiento de los niveles de daño económico. ¿Cuales son algunos de los factores involucrados?

Densidad de población: La relación entre números de la plaga y el daño a la planta es rara vez, si acaso, una simple función directa lineal. Algu nos niveles de los números de plaga y del daño consecuente de plantas tie nen efectos inmensurables sobre el rendimiento del cultivo. Otros niveles pueden tener efectos benéficos a pesar del daño significativo a la planta o aún a causa de ello.

El impacto del número de insectos sobre las plantas está en gran par te condicionado por el tiempo de ataque. Quizá la planta sea capaz de com pensarse por el daño de un pequeño número de insectos, sobre un período largo de tiempo, pero no por una cantidad equivalente de daño causado en un período corto de tiempo. En otros casos, las bajas poblaciones persis tentes pueden acumular efectos dañinos. Otro aspecto que hace difícil re lacionar el número de insectos directamente con el daño a las plantas, es el hecho de que las poblaciones de las plagas varían enormemente no sólo en número sino también en calidad. La composición de la población de la plaga puede variar con respecto a la proporción de varias etapas, clases de edades, sexo y otras características. Obviamente esto influye mucho en el daño potencial de la población.

Otros elementos involucrados en el establecimiento de niveles de da ño económico son la dispersión de las plagas sobre el área de cultivo, la diferencia en el comportamiento de las plagas, la condición de la planta, la habilidad de la planta para compensar del ataque de la plaga, la capa cidad de la planta para cargar fruta, su etapa de desarrollo, prácticas culturales en el área y su ambiente físico.

¿Qué es entonces un nivel de daño económico? El nivel de daño econó mico es un nivel de densidad de población de las plagas, un punto por de bajo del cual la población de la plaga y su daño consecuente pueden ser tolerados y por encima del cual no pueden ser tolerados. Los niveles de da ño económico son mejor expresados en términos de pérdida de cultivo; es decir, la reducción en el rendimiento y calidad, y segundo, son relaciona dos con la densidad de la plaga como sea apropiado.

¿Cuál es la importancia especial de los niveles de daño económico para el control integrado? La respuesta descansa en el hecho de que en la mayoría de las situaciones para la protección de cultivos, podemos tolerar niveles significativos de población de especies de plagas sin daño económico. En algunos casos, estos niveles pueden ser bastante altos, al menos, por ciertos períodos durante el ciclo de desarrollo del cultivo. El significativo para el control integrado es obvio. Los niveles sub-económicos de las especies de plaga deben mantenerse para el sustento de las formas entomófagas. Estas densidades bajas de plaga, sirven como abastecimiento de alimento para reserva de formas benéficas que frecuentemente serán necesitadas más adelante en el crecimiento del cultivo.

Aquí no se ha dicho todo sobre la compleja matriz ecológica conocida como la economía de producción de cultivos. Esta también debe ser completamente entendida por los especialistas en protección de cultivos y completamente integrada con la ecología de las especies de plaga y sus enemigos naturales. En muchos casos las decisiones para la protección de cultivos se hacen sólo sobre una base a corto plazo. Las complejidades en la medida de las pérdidas de cultivo y la evaluación de los daños causados por las plagas son muchas. Sólo tenemos los principios de la información que necesitaremos para hacer una acertada interpretación de la infestación de plagas y las pérdidas potenciales de cultivos. No obstante, las dificultades que encierra y la magnitud del trabajo no deben desviarnos del campo. Los valores a ganarse en una evaluación propia de daño de cultivo son grandes, no sólo para determinar futuras necesidades de investigación y planes agrícolas, sino también para servir como guía o meta de los sistemas de protección de cultivos.

Los especialistas en control integrado deben ser ecólogos orientados al campo. El considera todas las maneras posibles de manipular el sistema agroecológico. ¿Cuáles son sus herramientas y tácticas? Las principales son:

1) Control cultural con su manipulación de fechas de siembra, espaciamiento de las plantas, cosecha por franjas, intercalación de plantas y cultivos trampa.

2) Resistencia de la planta hospedera. Es especialmente importante recordar que la resistencia de la planta no necesita serlo completamente para ser útil en un programa de control integrado de plagas.

3) Uso de los parásitos, predadores y patógenos de las plagas. Esto puede implicar la introducción de nuevas especies, provisión de refugio, alimento suplementario o plantas hospederas alternas y liberación en masa de enemigos naturales artificialmente criados.

4) Pesticidas

Estas tácticas no son usadas aisladamente sino como un sistema integrado combinado. Algunas veces éstos son sistemas muy sofisticados que implican el uso de computadoras para manejar grandes cantidades de datos y metodología de análisis de sistemas.

Ahora unos pocos comentarios sobre algunas de las más importantes tácticas de control integrado de plagas.

Controles microbiales: Los horizontes sugeridos para la introducción de nuevos patógenos y la utilización de patógenos indígenas, en particular los virus polihedrosis nucleares, han sido apenas tocados, aunque los buenos resultados de la bacteria de espora lechosa del escarabajo japonés en el este de los Estados Unidos, y de un virus polihedrosis del tontredínido del abeto Europeo en Canadá son bien conocidos. Patógenos tienen muchas buenas propiedades como alternativas a pesticidas químicos. Es probable que algunos selectivos para ciertas especies o grupos de insectos e inocuos a los vertebrados abundan en la naturaleza pero demasiado pocos esfuerzos se han hecho para encontrarlos, caracterizarlos y desarrollarlos para uso práctico. Los patógenos tienen muchas de las ventajas de los insecticidas químicos y carecen de muchas de sus desventajas. La tecnología para la aplicación de pesticidas es adaptable a ellos. Algunos son de rápida y gran efectividad, son de actividad específica, seguros y biodegradables. En algunos casos pueden ser fácilmente almacenados. Su costo, su falta de confiabilidad probada, su patentabilidad y problemas de aprobación de registro son algunas de sus limitaciones. La FAO y la OMS están haciendo progresos ahora en el establecimiento de protocolos para determinar su seguridad. La utilización de controles microbiales, especialmente los virus de las polihedrosis nucleares, tienen una potencial muy grande en los países en desarrollo.

Los enemigos naturales: La resistencia de las plantas no se ha desarrollado al punto de adaptación o exclusión de todos los insectos potencialmente destructivos respecto a la mayoría de nuestras plantas comunes y no podemos esperar en el futuro previsible. En cambio, encontramos que la mayoría de las potencialmente dañinas especies fitófagas en hábitat natural parecen estar comúnmente sujetas a bajas densidades por sus enemigos naturales. Excepto por situaciones especiales, es improbable que se logre el control extendido del complejo de especies de plaga en los sistemas agroecológicos, a menos que se consideren a los enemigos naturales de fundamental importancia. Los enemigos naturales han sido una piedra angular en todo de desarrollo o programa satisfactorio dentro del control integrado. La gran cantidad de brotes de plaga inducidos por el pesticida revela que muchos insectos y ácaros en los sistemas agroecológicos tienen presentes enemigos naturales efectivos. Mucha evidencia sugiere que este control natural "oculto" no sale a la superficie hasta que alteramos el sistema agroecológico.

El empleo de los enemigos naturales ha sido en dos formas principales:  
1) la introducción de nuevos enemigos naturales, usualmente de la región

nativa de la plaga; y 2) la manipulación del ambiente de la planta hospedera y/o los enemigos naturales, de manera que los enemigos naturales residentes se vuelven más efectivos. Aunque sólo esté mínimamente investigado y financiado, la introducción de nuevos enemigos naturales, ha sido mucho más exitoso que el enfoque manipulativo. La introducción presenta aún muchas posibilidades no experimentadas. La introducción de razas genéticas cuidadosamente seleccionadas es particularmente prometedora. El enfoque manipulativo (incluyendo el uso de microorganismos patógenos y la liberación estratégica del enemigo natural, o de la plaga en sí) no ha sido extensamente investigado ni tratado con una adecuada sofisticación ecológica.

Resistencia de la planta: Sobre los eones del tiempo, las plantas han desarrollado una multitud de mecanismos de resistencia a los insectos y organismos patógenos. Un vasto depósito de tales factores de resistencia - existen en razas de plantas y estos germoplasmas pueden ser usados en el control de insectos y enfermedades. Las variedades resistentes a los insectos proveen una manera ideal para controlar o suprimir el daño de los insectos a los cultivos. Ellos implican costos mínimos de producción, no dejan residuos de insecticidas en alimentos o el ambiente, no perjudican a los insectos polinizadores ni a los otros benéficos, sólo alteran mínimamente el equilibrio de la naturaleza entre los insectos destructivos y sus enemigos naturales y son compatibles con métodos de control biológico, químico, culturales y otros métodos de control.

Los fitopatólogos han usado extensivamente la resistencia de las plantas. Hasta recientemente, los entomólogos han hecho poco uso relativamente de ella a pesar de algunos tempranos éxitos notables. Trabajos más recientes sobre alfalfa, cucurbitáceas, trigo, arroz, sorgo y maíz, han sido, - sin embargo, intentados con alto de éxito. Debe hacerse un aumento significativo en el esfuerzo para desarrollar "cultigens" aceptables, resistentes a un complejo de microbios patógenos, parásitos y plagas de insectos. El desarrollo de variedades resistentes, probablemente no estará disponible para los complejos enteros de plagas, porque un factor de resistencia para una plaga puede también predisponerla al ataque de otra. Por ejemplo, en la lechuga hay evidencia de un eslabón genético entre la susceptibilidad al "turnip mosaic virus" y la resistencia al "downy mildew". El germoplasma moderadamente resistente quizá tenga más sitio dentro de un sistema de control integrado que el que se pensó previamente.

Medidas de control físico y cultural: El uso de prácticas culturales en el manejo de población de plagas de insectos ha proveído a través de los años contribuciones significantes para la protección de los cultivos, y en alguna instancia, ha proveído un control bueno a excelente. Estas medidas han involucrado la sincronización de siembra y cosecha para minimizar la infestación o para escapar a los períodos de gran peligro, rotación de cultivos (incluyendo variedades), abonando, controlando el agua, destrucción de los residuos del cultivo (por ejemplo, quema), cultivos trampa, cultivación y barreras. El uso de tales métodos en general interfiere con el desarrollo de las plagas, por ejemplo, comúnmente por exposición a los rigores del am

biente y fomentando la resistencia de la planta o la acción de los enemigos naturales. Muy frecuentemente la práctica del control cultural puede ser mejorada por el aumento del conocimiento de la fenología de la plaga, rango del hospedero, al comportamiento de la plaga, etc.

El control cultural puede también involucrar técnicas más sofisticadas tales como el uso selectivo de químicos aplicados antes de la cosecha, modificaciones de variedades, manipulación con feromonas de la población de plagas y la colocación selectiva de insecticidas. Esto tiende a mezclar los controles culturales tradicionales con los nuevos. Las prácticas culturales son usadas muy frecuentemente para lograr la parcial supresión del número de plagas en conjunción con otras medidas de control, el control químico especialmente. Para ser más efectivas las prácticas culturales a menudo tienen que ser hechas sobre un área o comunidad total. En esta forma pueden ser usadas para lograr la supresión de la población de una plaga sobre un área geográfica relativamente vasta.

El desarrollo de muchos nuevos pesticidas después de la Segunda Guerra Mundial, liberó a los cultivadores de su dependencia de estos métodos culturales de control de plagas poco espectaculares; subsecuentemente, esos métodos han sido muy descuidados. Las técnicas culturales por lo común no dan un control completo a un complejo de especies de plaga, sin embargo, presentan una promesa real para usarse como tácticas suplementarias dentro del control integrado y pueden formar los medios principales de control en algunas situaciones.

Al considerar los métodos culturales de control y otros, debemos examinar muy de cerca sus relaciones con otros sistemas agroecológicos, porque a menudo los elementos de la fauna se mueven dentro de varios sistemas agroecológicos. Las prácticas culturales, incluyendo las modificaciones del mosaico de cultivo o la variedad de sembrado afectan las especies de plagas, sus predadores y microbios patógenos, o presa u hospederos alternos. Añadiendo diversidad de hábitat puede ser útil, por ejemplo, pequeñas manchas de zarzamora plantadas junto a los viñedos en California han demostrado su potencial para lograr el control biológico del saltahojas de la uva. El cultivo en franjas de alfalfa y algodón también ha sido usado para aumentar la eficacia del enemigo natural. Un cambio de control por cultivación a herbicidas para el control de malezas, de cultivo limpio a cultivo de cobertura o desde el corte selectivo por distribución de edad hasta el corte raso de los bosques puede causar efectos de mucho alcance sobre la densidad de plagas.

Queda mucha potencialidad en las posibilidades de rotación dentro de un campo particular y en el desplazar de mosaicos de plantas en una región, particularmente un grupo de variedades que ofrecen resistencia a las diferentes especies de insectos y otras plagas.

Los pesticidas selectivos y el uso selectivo de los convencionales: Mientras los prospectos para obtener productos registrados de alta selectivi-

dad fisiológica parecen ser no prometedoras en la actualidad, hay medios prometedores para obtener la selectividad ecológica usando materiales convencionales. Puesto que los insecticidas permanecen como nuestra herramienta más confiable y práctica para la solución inmediata de muchos problemas de plaga, no nos conviene descuidar la búsqueda de materiales selectivos propios y medios para usar selectivamente los convencionales.

Afortunadamente, el desarrollo de sistemas efectivos y económicos de manejo de plagas para el control de muchas especies de plagas mayores no depende de la selectividad fisiológica proporcionada por la disponibilidad de un gran número de químicos pesticidas de selección reducida. Los pesticidas que tienen el espectro más amplio de actividad pueden ser usados de una manera ecológicamente selectiva. En cuanto concierne al manejo de plagas, parece que el uso selectivo de insecticidas (selectividad ecológica) continuará siendo mucho más importante que el uso de insecticidas selectivos (selectividad fisiológica). La acción selectiva de químicos no selectivos puede obtenerse manipulando dosis, formulaciones, sincronización de aplicaciones, el método de aplicación y la localización del área que será tratada.

Otras medidas selectivas aún sin ser probadas ampliamente en práctica incluyen: el uso de herramientas genéticas y de esterilidad, y químicos hormonales y reguladores del comportamiento. Los químicos hormonales de insectos, una variedad de bioquímicos determinantes del comportamiento, químicos notablemente de tipo feromonal, y la interferencia genética con la reproducción, (tácticas genéticas) han excitado la imaginación de los entomólogos en busca de un tercer horizonte para la imaginación de los entomólogos en busca de un tercer horizonte para el control de insectos. El ingenioso método de liberar insectos estériles (SIRM) se ha encontrado con algunos resultados de campo impresionantes. Algunos, sin embargo, piensan que los problemas inherentes asociados con la biología de muchas especies de insectos preveniría al método SIRM de tener mucha utilidad general. Otros son más optimistas con el impacto futuro de la genética dentro del control de plagas. La genética también puede ser usada para mejorar otros sistemas de control de plagas, especialmente el control biológico, el desarrollo de insecticidas biológicos y modos de extender el período útil de los insecticidas convencionales.

Hasta ahora los bioquímicos reguladores de comportamiento han sido de uso práctico principalmente en la evaluación cuando se usan en conjunción con otros métodos como táctica actual de control. Sin embargo, las feromonas ofrecen la posibilidad de ser desarrolladas en una táctica útil de control directo. Los desarrollos no han progresado lo suficiente para establecer su probable utilidad o posibles consecuencias adversas.

Las feromonas que inducen una reacción que atrae, han sido identificadas por muchas especies importantes de plaga. Los adelantos hacia un control activo de plagas, continúan lentos debido al limitado entendimiento del comportamiento de los insectos relacionado a esos químicos, a los pro-

blemas asociados con el aislamiento e identificación de compuestos vestigios en mixturas complejas, o a causa del sinergismo y efectos enmascaradores y las dificultades de la síntesis. Hay también problemas serios en el desarrollo de técnicas de control que puedan utilizar estos compuestos. Hay actualmente evidencia considerable de que ninguna de estas nuevas tecnologías serán panaceas, y los problemas de resistencia, residuos y efectos secundarios ecológicos indeseables se asociarán también con muchas de sus aplicaciones. Para el futuro previsible, estas nuevas tecnologías deben ser vistas como armas potenciales que serán añadidas gradualmente al arsenal de los científicos expertos en protección de cultivos. Además, la acumulación sistemática de información cuantitativa sobre ecología de plagas y su comportamiento es esencial si muchas de las técnicas nuevas, tanto como las antiguas, de control no pesticida van a encontrar su propio lugar dentro de los sistemas de protección de cultivos.

Finalmente, es importante también desarrollar una metodología para la implementación de los sistemas de control de plagas.

Programas de implementación: Por más de veinticinco años, se han hecho una gran variedad de esfuerzos en los Estados Unidos para llevar a un nivel práctico los resultados de la investigación sobre control integrado de plagas en los campos de los agricultores. En los años cuarenta, esto envolvió varios programas de reconocimiento y de control supervisado para el alfalfa, tomates y algodón. A mediados de los años cincuenta, el áfido manchado del alfalfa tuvo un severo impacto, y un programa de control integrado que envolvía variedades resistentes, parásitos y predadores y un uso selectivo de químicos fue inventado e implementado. En los años sesenta, los programas de investigación sobre control integrado en muchos cultivos se expandieron ampliamente. Muchos de los resultados de estos estudios recayeron sobre las prácticas de protección de los cultivos de los agricultores. Sin embargo, hubo muy pocos esfuerzos organizados para establecer proyectos de control a gran escala basados sobre control integrado. Durante los últimos cuatro años, esto ha cambiado bastante a través de un mayor esfuerzo cooperativo de los varios estados y del gobierno federal. En la temporada de 1972 había más o menos 40 programas pilotos similares en veintinueve Estados. El algodón representó más o menos la tercera parte; sin embargo, el maíz, el grano de sorgo, la lechuga, manzanas, cacahuates, tabaco, semillas de alfalfa, peras, duraznos, pimientos, papas, cítricos y frijol también fueron involucrados. Estos programas son parcialmente sostenidos por el gobierno federal con un sobrante de los costos que es pagado por los agricultores.

Estas pruebas experimentales o pilotos aún están bajo revisión y en proceso de desarrollo. Tal vez en algunos casos, los proyectos pilotos están mucho más adelantados que la información desarrollada por la investigación. Idealmente, debe haber una acción recíproca entre la investigación en curso y el proyecto piloto. Hay una considerable "zona oscura" entre investigación e implementación, y estas pruebas experimentales proveen un buen mecanismo para el intercambio necesario. Algunos de los nuevos pro -

yectos pilotos en control integrado ahora tienen un proyecto específico de investigación aplicada apoyando las pruebas experimentales pilotos.

Los sistemas de control integrado no surgirán automáticamente de la investigación enfatizando las nuevas técnicas de control de plagas, ni surgirán solos de investigaciones básicas a largo plazo. Los programas de control integrado prácticos hoy accesibles, han surgido sólo de investigación pragmática dirigida a encontrar soluciones a los verdaderos problemas de la protección de cultivos tal como existen en los campos de los agricultores. En casi todos los casos los programas de control integrado han surgido como resultado de una gradual evolución en la que la nueva tecnología se ha introducido por un proceso paulatino más bien que a través de la introducción de un sistema completamente formado.

En el comienzo del desarrollo e implementación del control integrado se puso el énfasis primero sobre la importancia de la integración del control biológico y químico. Más tarde, se extendió a incluir todas las tecnologías apropiadas. Ahora, a medida que estamos intentando desarrollar sistemas de protección de cultivos ecológicamente correctos para nuestros sistemas agroecológicos debemos poner igual énfasis sobre la integración de todas las disciplinas de protección de cultivos. El fitopatólogo, el nematólogo, el especialista en malezas y el entomólogo deben coordinar sus esfuerzos con los del economista, fitomejorador, ingeniero agrícola y con los ecólogos de los sistemas para producir sistemas de protección de cultivos económica y ecológicamente fuertes.

Aunque he enfatizado que sólo por medio del vínculo más estrecho entre los esfuerzos de la investigación y la implementación podrán tener éxito cualquiera de los dos y que ellas serán estériles sin esa interacción, también debe enfatizarse que los programas de implementación no pueden moverse lejos, sin unos programas de educación paralelos.

Para mejorar la implementación de los programas de control integrado, debe hacerse un inmediato y amplio enfoque educacional incluyendo entrenamiento y reentrenamiento a los especialistas en protección de cultivos y en el manejo de plagas y la educación de los agricultores y el público en general en cuanto a la importancia que tiene la protección del cultivo.

Muchos administradores, investigadores, maestros, y extensionistas activos en la protección de cultivos recibieron su entrenamiento formal durante los años cincuenta y al principio de los sesenta, cuando una sobredependencia fue puesta sobre los químicos pesticidas para la protección de cultivos. Ahora mucho de ese personal está haciéndose cada vez más consciente de la importancia de un amplio enfoque ecológico a la protección de los cultivos y del significado de un ataque intenso sobre los problemas prácticos amenazando la producción de alimentos. Su entrenamiento anterior es inadecuado para lograr esas nuevas metas, y mucho entrenamiento adicional será necesitado. Hay una gran variedad de tácticas accesibles para lograr

esos objetivos de entrenamiento, incluyendo cursos cortos, mesas redondas, conferencias, consejeros a corto plazo y más importante, una participación activa en los proyectos colaborativos de investigación.

Deben hacerse esfuerzos sustanciales para informar al público en general de las severas pérdidas de alimentos causados por plagas y enfermedades, y del significado de un enfoque ecológico para la protección del cultivo, y la preservación de la calidad del ambiente. Un público informado es un paso esencial para la implementación de programas adecuados y efectivos en protección de cultivos.

Muchas instituciones educacionales están ahora en proceso de reorganización y revisión de sus programas de protección de cultivos para proveer un amplio entrenamiento ecológicamente orientado al control integrado y al manejo de plagas. Con la gran expansión de la investigación de control integrado y programas de implementación, los especialistas propiamente entrenados están en demanda.

## ECOLOGIA GENERAL

CARLOS LOPEZ UCANA  
Universidad Nacional Agraria La Molina

- 1.0 La Ecología como ciencia.
- 2.0 Sistemas Ecológicos y sus niveles de integración
  - 2.1 El individuo y su ambiente.
  - 2.2 La población y su ambiente.
    - 2.2.1 La población como unidad de evolución.
  - 2.3 La comunidad biótica y su ambiente: El ecosistema (Fig. 1).
- 3.0 La Ecología como el estudio de los ecosistemas.
- 4.0 Los factores ambientales físicos y bióticos.
  - 4.1 La radiación solar: La luz. Importancia de la energía de radiación neta. La temperatura y el flujo de calor. Formas de transferencia de energía. Fotoperiodismo y Termoperiodismo (Fig. 2).
  - 4.2 La hidrósfera: Efectos ecológicos del agua en el aire, el suelo, en los organismos (Fig. 3).
  - 4.3 La litósfera: Substrato geológico y suelo, como almacén natural de agua y minerales para los organismos. Efectos ecológicos de la altitud, latitud y distancia a grandes cuerpos de agua.
  - 4.4 La atmósfera: Efectos de su composición y dinámica. El viento y su influencia.
  - 4.5 La biósfera: La cadena trófica. Relaciones intra e interespecíficas. (Fig. 4).
- 5.0 El complejo ambiental y sus principios (Fig. 5).
- 6.0 Medición del impacto total del medio ambiente: El ambiente controlado y el natural: Método del fitómetro.
- 7.0 Ecología y bienestar humano
  - 7.1 Conservación de Recursos Naturales. El uso de los telesensores. Aporte a las ciencias forestales, agropecuarias y pesqueras.
  - 7.2 La contaminación ambiental: Pesticidas.
  - 7.3 El empleo de los principios ecológicos, en los planes de desarrollo de una región (Ecodesarrollo Regional).

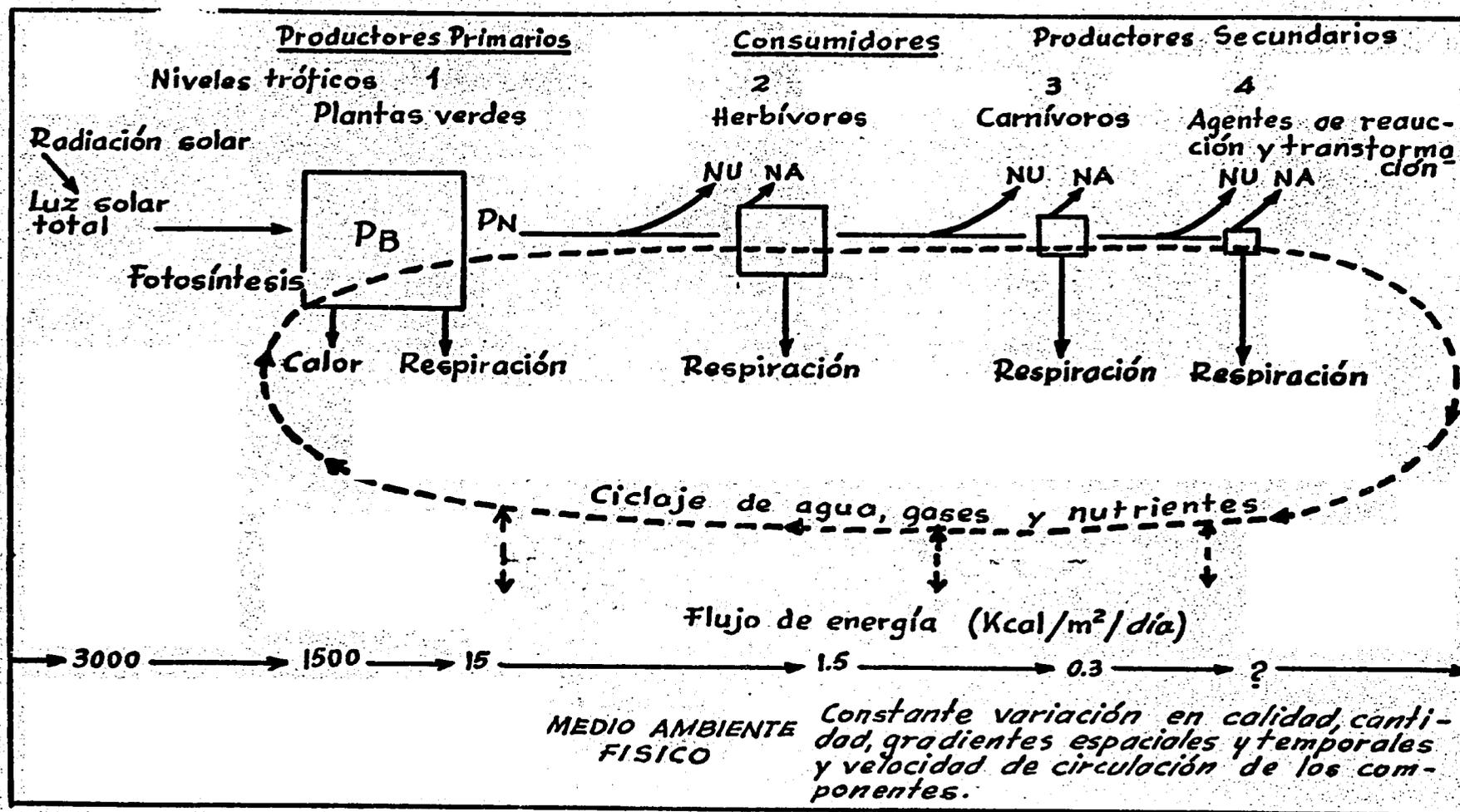
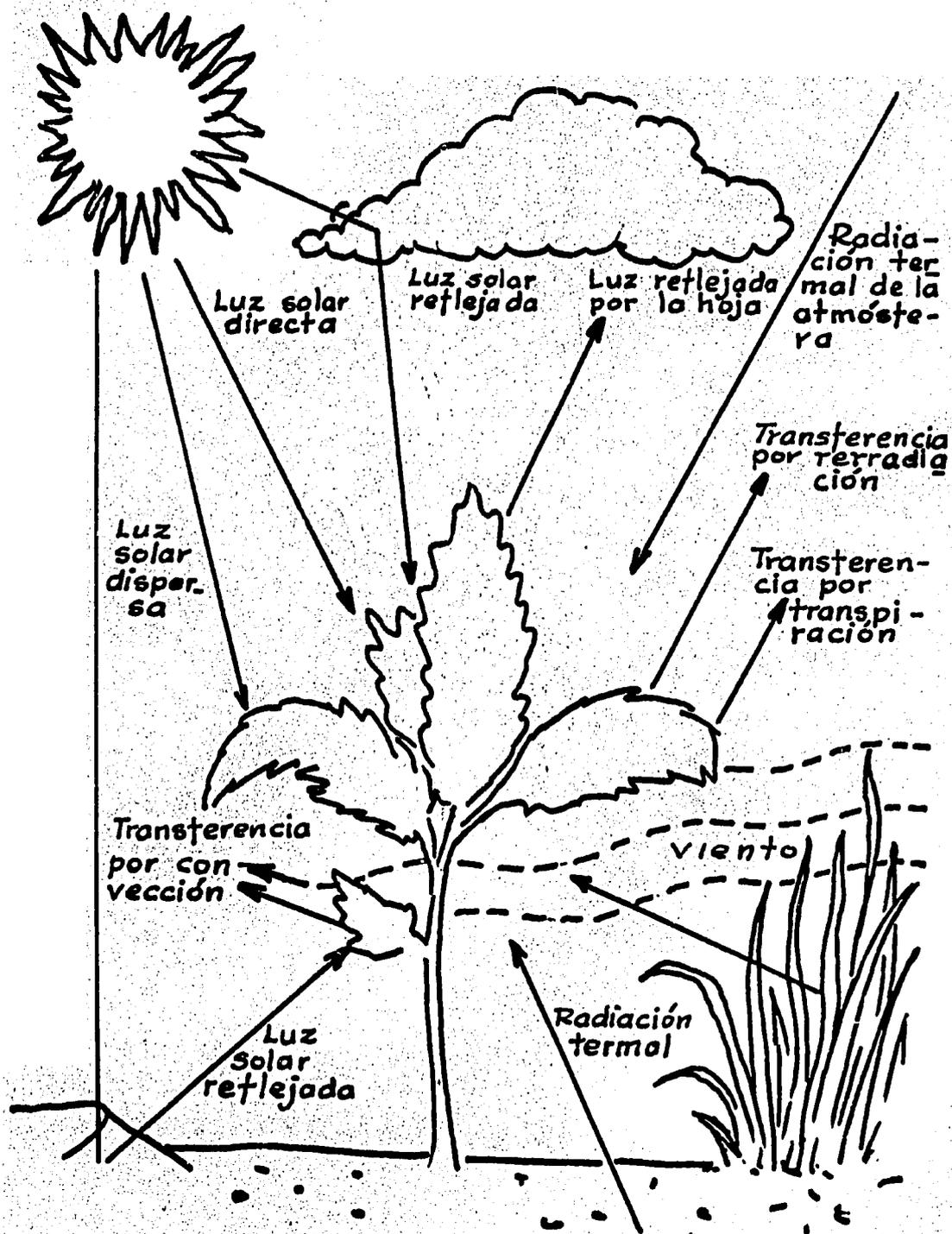
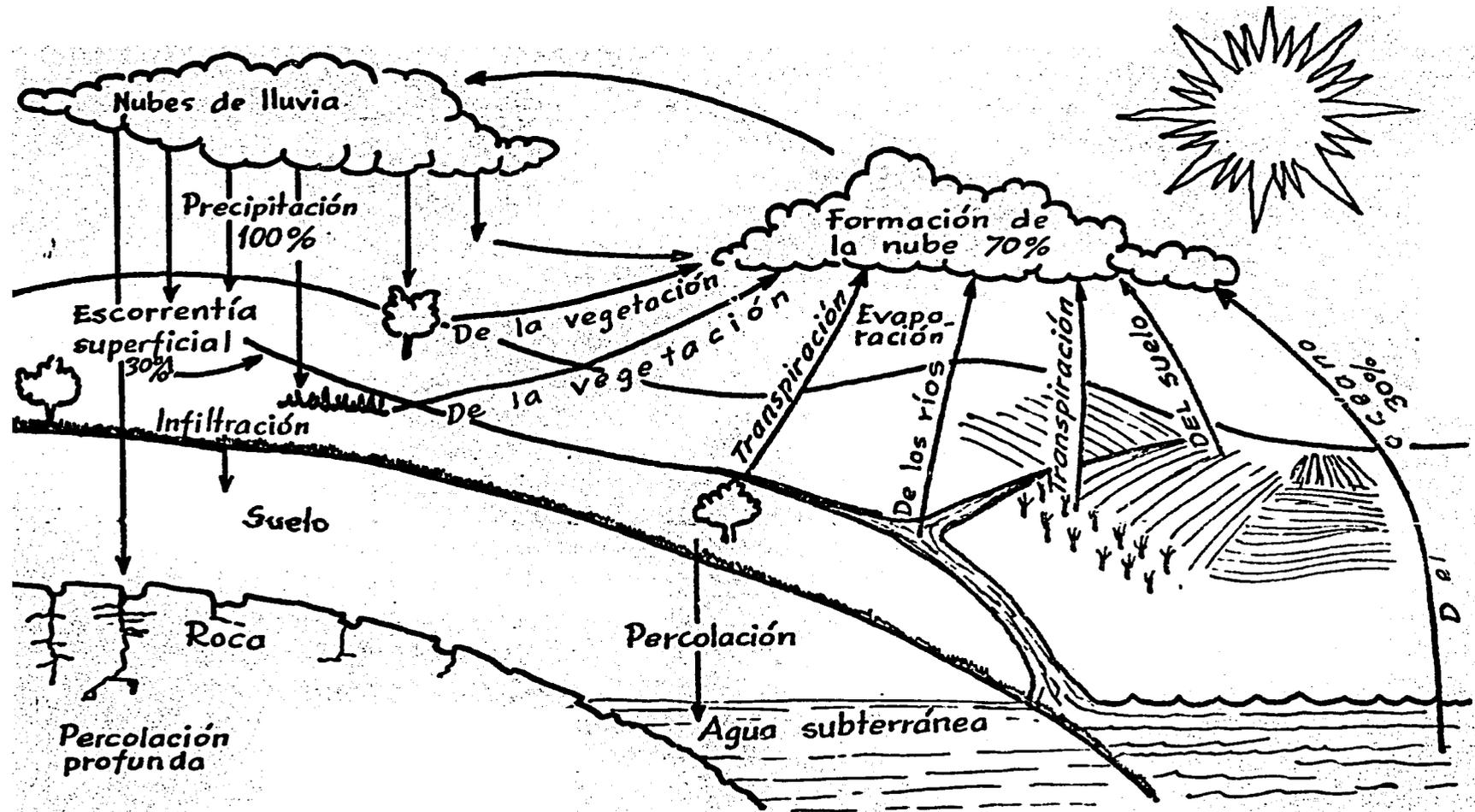


FIGURA 1.- ESQUEMA DIAGRAMATICO DEL FLUJO DE ENERGIA Y DE LA CIRCULACION DE MATERIALES EN LA CADENA TROFICA DE UN ECOSISTEMA.  $P_B$ , PRODUCCIÓN PRIMARIA BRUTA;  $P_N$ , PRODUCCION PRIMARIA NETA;  $NU$ , ENERGIA NO UTILIZADA;  $NA$ , ENERGIA NO ASIMILADA. DATOS BASICOS TOMADOS DE ODUM, E.P. 1971. "FUNDAMENTALS OF ECOLOGY". THIRD EDITION. W.B. SAUNDERS CO. Y BILLINGS, W.D. 1978 "PLANTS AND THE ECOSYSTEM". THIRD EDITION. WADS WORTH PUB.CO. INC.



**FIGURA 2.- GANANCIAS Y PERDIDAS DE CALOR Y ENERGIA DE RADIACION ENTRE UNA PLANTA Y SU AMBIENTE. LIGERAMENTE MODIFICADO DE "HEAT TRANSFER IN PLANTS", DE DAVID M. GATES. 1965. SCIENTIFIC AMERICAN, INC.**



**FIGURA 3.- REPRESENTACION DIAGRAMATICA DEL CICLO DEL AGUA. ADAPTADO DE "WATER-THE YEARBOOK OF AGRICULTURE" 1965. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE.**

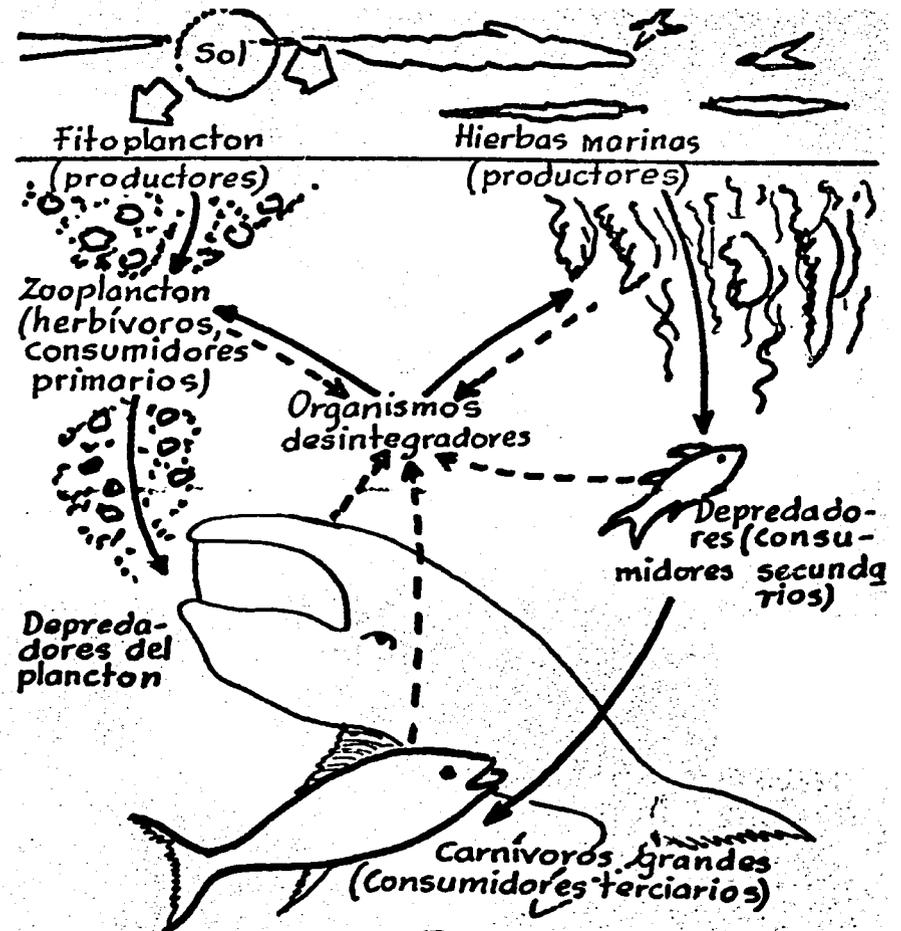
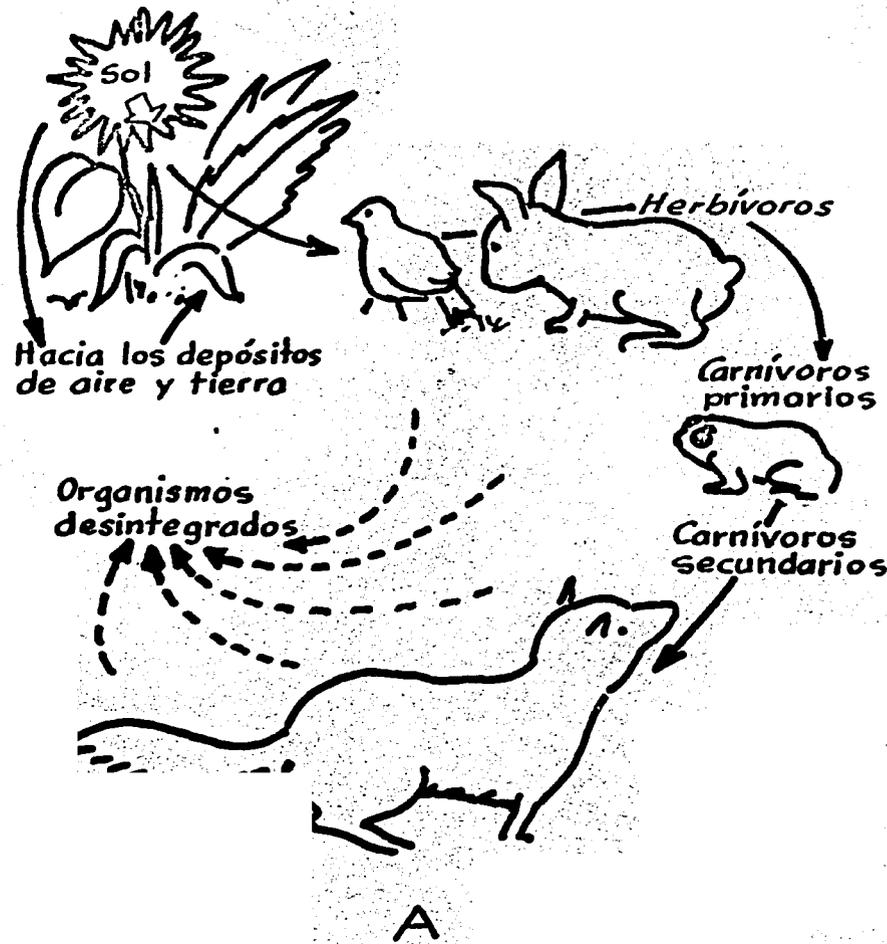
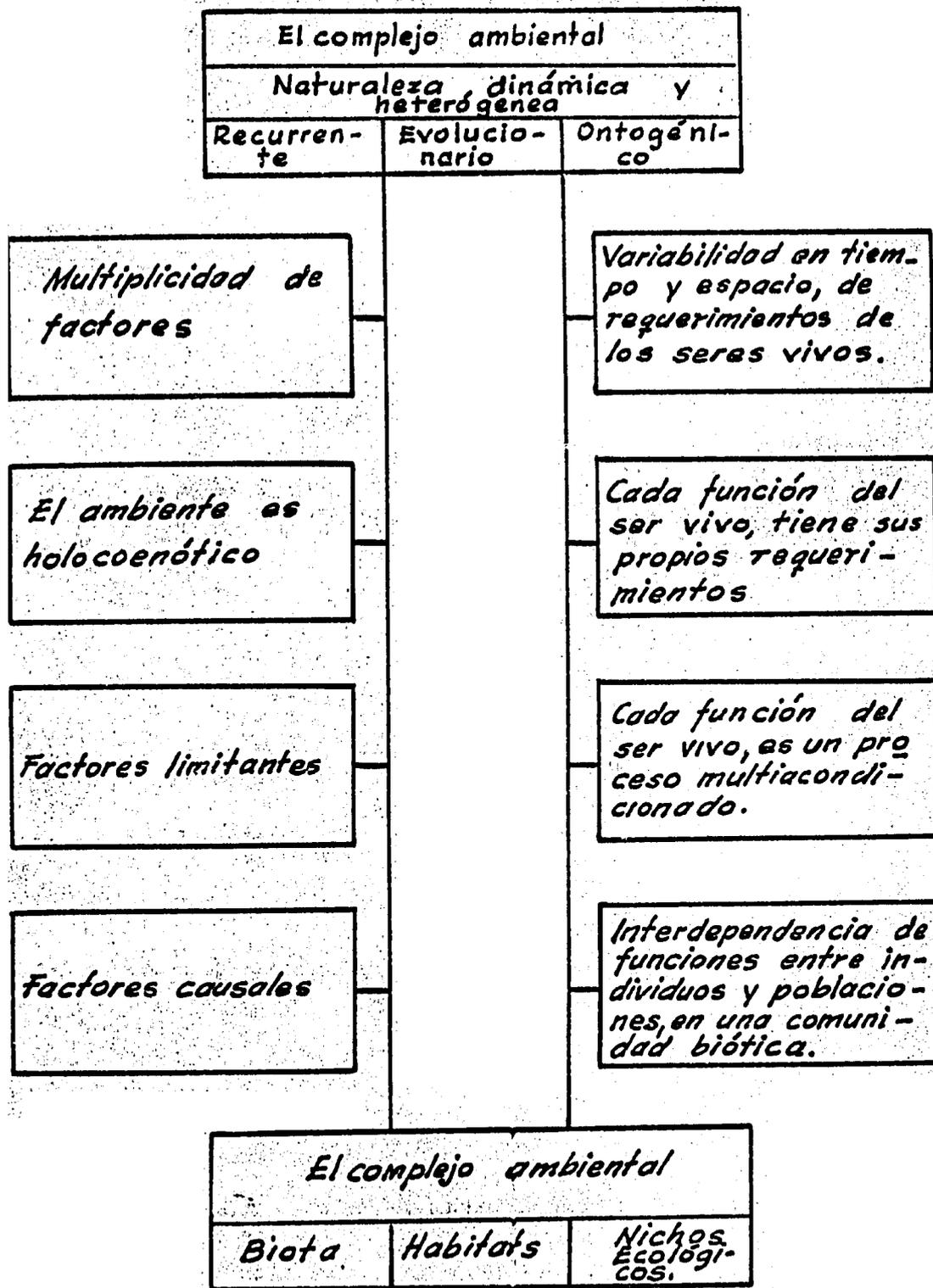


FIGURA 4.- A, CICLO ALIMENTARIO TERRESTRE. B, CICLO ALIMENTARIO ACUATICO. ADAPTADO DE TURK, A. ET AL. 1972. "ECOLOGY, POLLUTION, ENVIRONMENT". W. B. SAUNDERS CO.



**FIGURA 5.- EL COMPLEJO AMBIENTAL Y SUS PRINCIPIOS.**

## EL AGROECOSISTEMA Y EL MANEJO DE PLAGAS

RAY F. SMITH

Director del Proyecto Universidad de California/AID  
para el Manejo de Plagas y Protección Ambiental

El hombre ha sido un elemento dinámico de su ambiente desde que llegó a su actual nicho evolutivo, tal como ha ocurrido con otras especies abundantes. La caza, el uso del fuego, sus prácticas agrícolas (especialmente irrigación y sobre-pastoreo) el corte de las forestas, así como sus acciones no intencionales, han modificado su escenario, a veces drásticamente. El hombre ha tenido tal impacto en su medio-ambiente que es difícil encontrar lugares no perturbados. A través de sus actividades, particularmente actividades agrícolas, ha reducido la complejidad de su medio ambiente local y lo ha modificado de muchas otras maneras. Debido al gran rol que la agricultura ha jugado en la modificación del ambiente del hombre, es útil visualizar y discutir estos nuevos ecosistemas modificados por el hombre considerándoseles como agroecosistemas.

### I. DEFINICIONES DEL AGROECOSISTEMA

1. El agroecosistema puede ser definido como una unidad compuesta del complejo total de organismos en un área de cultivo conjuntamente con todas las condiciones del medio ambiente tal como son modificadas por las diversas actividades del hombre culturales, industriales, recreacionales y sociales.
2. El sistema ecológico existente en un área agrícola suficientemente grande para permitir interacciones de largo tiempo entre todos los organismos vivientes y con su medio no-viviente.

El campo agrícola no es una unidad aislada, sino que es parte de un sistema ecológico (el agroecosistema) que incluye los campos agrícolas asociados de muchas clases, bosques, riachuelos, áreas con malazas o no cultivadas, y otras. Los mayores componentes del ecosistema incluye a las plantas, el suelo y su biota, las condiciones generales del medio físico y químico, las especies plagas con sus factores de mortalidad natural incluyendo enfermedades y especies benéficas, artrópodos competidores de alimento y espacio, y el condicionamiento general del hombre incluyendo el manejo que hace del sistema (Smith y Reynolds 1972).

Note que el concepto de "plaga" no es una parte esencial de la definición del agroecosistema. En el análisis práctico del agroecosistema para el manejo de plagas, debe centrarse la atención en el número de las especies plagas, sus competidores, organismos predatores, suministros de alimentos principales y alternativos, y la manera en que los otros elementos del ambiente los modifica. La determinación de las cantidades de insectos está

ampliamente bajo la influencia del agroecosistema, por lo que el conocimiento de cómo opera esta influencia es esencial para el manejo integrado de las poblaciones de plagas. Un entendimiento completo del ecosistema es también necesario para armonizar las prácticas de control de diferentes plagas de manera que se eviten efectos perturbadores inaceptables. Del mismo modo, el conocimiento del ecosistema permite la evaluación de los factores de mortalidad que se encuentran actuando contra la población de una plaga o una plaga potencial y sugerirá las manipulaciones siguientes que se requieran para reforzar o estimular esta acción.

El concepto de agroecosistema se aplica tanto a la agricultura de subsistencia como a las más sofisticadas agriculturas científicas. El punto es que ambas son situaciones ecológicas y para controlar o manejar cualquier situación ecológica, se deben usar principios ecológicos. En nuestro concepto de agroecosistema para control integrado, a menudo es importante que consideremos a las especies plagas y sus enemigos naturales tal como se presentan fuera del área específica del cultivo, por ejemplo, sobre hospederos alternantes y en áreas no cultivadas.

Los agroecosistemas varían ampliamente en su estabilidad, complejidad y tamaño. También es importante darse cuenta que están en un continuo proceso de evolución. Los cambios en prácticas culturales, variedades de cultivos, o procedimientos de control de plagas pueden modificar marcadamente un agroecosistema. Los límites a menudo son difíciles de definir con precisión, particularmente en medioambientes complicados y cuando las especies plagas migran ampliamente.

El hombre ha tendido a organizar y simplificar los agroecosistemas para aumentar los rendimientos y la calidad del cultivo. La simplificación da ventajas para la producción y cosecha de los cultivos en forma más eficientes. Muchas prácticas agronómicas- cultivo, riego, fertilización, y cosecha- son grandemente facilitadas cuando las plantas se cultivan uniformemente espaciadas y se eliminan otras plantas. El control de malas hierbas ha reducido la competencia que establece con el cultivo respecto al agua, luz y nutrientes. La utilización eficiente de estos mismos recursos se logra ventajosamente con el espaciamiento de las plantas, y por la oportunidad en la siembra, fertilización y riego. Los programas de control de plagas también se facilitan con procedimientos como uniformidad en la fecha de siembra, regulaciones sobre épocas de araduras y períodos de campo libre.

El fundamento básico del manejo de plagas se basa en el conocimiento de detallado del agroecosistema. Esto parece algo directo y simple, pero en realidad es muy complejo y probablemente nunca será comprendido completamente. Aún más, lo que se aprende respecto a un agroecosistema en un valle o distrito puede ser indicativo pero no aplicable directamente a otras áreas. Cada área principal de producción difiere en grado variable, debido a que se cultivan diferentes variedades bajo diferentes sistemas de manejo. También, pueden haber diferencias claras en los medios físicos

adyacentes y en los cultivos pertenecientes a diferentes regiones de producción. En efecto, campos vecinos en la misma región pueden variar en cierto grado por las mismas razones generales.

Los entomólogos y fitopatólogos han progresado notablemente en el conocimiento del agroecosistema y sus interacciones, aún cuando todavía mucho sólo lo es de manera incompleta. Por ejemplo, el valor relativo de los insectos benéficos se va reconociendo progresivamente, aunque se necesita mucha más cuantificación de su valor. Esto es particularmente cierto con respecto a la relación de poblaciones totales del complejo de especies benéficas y poblaciones de plagas.

## II. LOS AGROECOSISTEMAS VERSUS LOS ECOSISTEMAS "NATURALES"

Las características distintivas contrastando agroecosistemas y ecosistemas "naturales" han sido establecidas por Southwood y Way (1970) como sigue:

1. No se auto-perpetúan y consecuentemente son de un rango de duración limitada desde unos pocos meses hasta varios años para los cultivos perennes y llegando tal vez a medio siglo en el caso de frutales.
2. Las plantas son seleccionadas por el hombre en lugar de ser el resultado final de la selección natural en un ambiente dado.
3. Limitada diversidad de especies. Típicamente monocultivos mantenidos por paso de la cultivadora y modernos herbicidas. Entre las excepciones están el cultivo intercalado, los huertos mixtos, y los campos forrajeros mixtos.
4. Limitada diversidad intraespecífica. Existe un limitado rango de genotipos que tienen una máxima sincronización en florecimiento y maduración.
5. Suministro de nutrientes. Generalmente reciben fertilizantes químicos o estiércol con ganancias concomitantes en la tasa de crecimiento y niveles de nutrientes en el follaje.
6. Suministro de agua. La humedad del suelo puede controlarse por medio de riegos y drenajes.
7. Las irrupciones periódicas de las plagas constituyen una característica del agroecosistema.

### La Planta Cultivada como Fundamento del Agroecosistema

A través de las manipulaciones que hace del agroecosistema (preparación de la

tierra, siembra de semillas selectas, cultivos, fertilizantes, etc.) el hombre trata de establecer la población de plantas del cultivo como dominantes ecológicos del agroecosistema. Estas plantas tienden a ser de una base genética uniforme (una sola variedad seleccionada), de edad uniforme y de espaciamiento uniforme. Las características ecológicas y fisiológicas de estas plantas determinan mucho de lo que ocurre con las poblaciones de plagas en el agroecosistema.

### Influencia de la Temperatura

Toda actividad biológica dentro del agroecosistema es dependiente de la temperatura. Una manera conveniente de discutir las relaciones entre la temperatura y el crecimiento de la planta y el desarrollo se hace en términos de grados-días de crecimiento.

### Importancia del Agua

En gran parte del mundo el cultivo se produce bajo condiciones en que la lluvia es la única fuente de agua. En el resto del mundo el cultivo es dependiente de riego, sea totalmente o durante los períodos de sequía. Un adecuado suministro de agua es esencial para un balance entre el crecimiento vegetativo y la fructificación de la planta. Cuando el agua se presenta en cantidades excesivas, las plantas tienden hacia el crecimiento vegetativo y resultan más atractivas a los lepidópteros que comen las hojas, a chinches y tal vez otros insectos. Demasiada humedad puede destruir la semilla o las plantitas recién emergidas; en el caso del algodón, la capacidad de sostenimiento de las bellotas y contribuye a la pudrición de las bellotas y a reducciones significativas en los rendimientos.

### Efectos de la Fertilización

Todos los elementos de fertilización deben usarse con precaución y en el balance apropiado. Aplicaciones de Nitrógeno en mayor cantidad que lo normalmente necesitado en un tipo de suelo particular dará como resultado el crecimiento vegetativo que es atractivo a algunas plagas insectiles. También puede producir tanto crecimiento vegetativo que el cuajado de los frutos se demora excesivamente o queda reducido. El nitrógeno en particular, pero también otros compuestos fertilizantes, deben usarse con el balance apropiado, si se desean plantas con buena producción y que resulten lo menos atractivas para las plagas. La necesidad de fertilizantes químicos puede determinarse por medio de análisis de suelos realizados en laboratorios de confianza. Sin embargo, puede ser necesario conducir experimentos de campo dentro de un área particular o en un tipo de suelo para establecer las cantidades precisas de elementos que deben usarse.

### III. EL ROL DE LOS INVASORES EN LOS AGROECOSISTEMAS (de Southwood y Way, 1970).

#### A. Número de Potenciales Invasores

La cantidad de una plaga disponible para invadir un cultivo recientemente sembrado, depende del tamaño de su población y su grado de movimiento migratorio. Los insectos que viven en vegetación estable (permanente) tienen un nivel de movimiento migratorio más bajo, hábitos de alimentación más específicos y, a menudo, tasas potenciales de incremento más bajas que aquellos de habitats inestables (temporales) (Southwood, 1962). Conway (1970) ha observado en Sabah que las plagas del segundo tipo de habitat invaden los cultivos nuevos mucho más fácilmente que aquellos que viven en el primer habitat.

El grado de actividad migratoria de una población puede aumentar rápidamente sin cambiar su habitat. Douglas (1930) ha sugerido que las invasiones de cultivos arables por las plagas ocurren después de la destrucción de la vegetación silvestre; las repentinas invasiones del Dysdercus y Calidea del algodónero se producen después de que ocurren cambios en los hospederos alternantes (Pearson, 1958). El corte y la cosecha de la alfalfa produce migraciones masivas de la cigarrita de la saliva, Philaenus (Wiegert, 1964) y del gorgojo Hypera (Pamanes y Pienkowski, 1965; Prokopy y Gyrisco, 1965), movimientos que no ocurren si el cultivo permanece suculento y sin ser cortado.

#### B. Distancia o la Fuente de los Invasores

En general tiene validez el principio de la dilución de manera que los cultivos cercanos a las fuentes de los invasores tienen mayor probabilidad de recibir infestaciones más fuertes que aquellas que están a mayor distancia. Sin embargo, hay considerables diferencias, entre especies en la cantidad de desplazamiento horizontal típica de un migrante individual (Johnson, 1969). La distancia promedio diaria que se desplaza la mosca frit, Oscinella Frit, en Inglaterra en Agosto se ha calculado en 30 km. este es un insecto que vuela hacia arriba y es llevado por las corrientes de aire a 300 m o más (Johnson et.al., 1962; Southwood et.al. 1961). En la parte Central de los Estados Unidos los áfidos probablemente viajan varios cientos de kilómetros (Taylor, 1965). En contraste otros insectos generalmente se mantienen dentro de su estrato de vuelo y viajan distancias mucho más pequeñas, ejemplo, la mosca del bulbo del trigo, Leptothylemyia Coarctata (Bardner et.al, 1968) y el picudo grande del algodónero (Fye et al., 1959), donde la mayoría de los individuos parecen desplazarse relativamente unos pocos kilómetros. De allí que, excluyendo los efectos del tiempo atmosférico y la topografía, la distancia requerida para aislar un cultivo de una fuente de invasores puede variar de unos pocos kilómetros a más de mil kilómetros. Los mismos principios se aplican para las plagas que para los enemigos naturales.

C. Condiciones para la Invasión y el Asentamiento

La intensidad en que una población de potenciales invasores levanta vuelo y la distancia que viajan estará influenciada por las condiciones del tiempo atmosférico prevaleciente. Como lo señala Johnson (1969), en su comprensiva revisión sobre el tema, hay considerables variaciones en las respuestas de una especie a otra, pero el frío y la lluvia generalmente reduce la iniciación de vuelo. Muchas plagas son llevada por los vientos dominantes, de allí que la dirección del viento en relación a la fuente de invasores determinarán las cantidades sobre un habitat dado; por ejemplo, Brown (1965) ha sugerido que este es el mecanismo que determinará qué áreas del medio ambiente son infestadas por los chinches de los cereales en forma regular, ocasional o rara. La acumulación real y el depósito de los insectos llevados por el viento están influenciados por los frentes atmosféricos y por los refugios inmediatos y afectos de borde (Johnson 1969); muchos insectos son depositados en el lado opuesto al que recibe el viento (sotavento) de las cortinas rompivientos, bordes y límites (Lewis 1965, 1966, 1967).

D. Atractividad del Cultivo

Quando los insectos están dentro del estrato de vuelo, es decir virtualmente con completo control de su desplazamiento, son capaces de responder a varios estímulos asentándose. Los estímulos pueden ser visuales (color forma, contraste de color) u olfatorios. Por ejemplo ciertos áfidos son particularmente atraídos por el amarillo (Moericke, 1950; Kenedy y Stroya 1959; Cartier, 1965, 1966), los trípodos que habitan en flores, por el blanco (Lewis, 1959), y las mariposas de la col por el verde y el verde-azul (Ilse, 1937).

V. ROL DE LOS HOSPEDEROS ALTERNANTES DE LAS PLAGAS Y SUS ENEMIGOS NATURALES

Como se indicó antes, el campo agrícola solo no puede ser considerado un ecosistema en aislamiento. Nuevos cultivos introducidos en áreas de producción pueden complicar los problemas de plagas. Por ejemplo, el cártamo en el Valle de San Joaquin California puede desarrollar enormes poblaciones de chinches Lygus. El Lygus aparentemente tiene poco impacto en la producción de semilla del cártamo. Cuando el cártamo se acerca a la madurez, se vuelve inapropiado para los chinches lygus, y migran -a menudo en tremendas cantidades- al algodón nero. La investigación de Mueller y Stern (1973, 1974) ha demostrado que es mucho más económico y menos perturbador para los insectos enemigos naturales matarlos con insecticidas en el cártamo que en los campos de algodónero. A menudo se presentan problemas secundarios cuando el algodónero tiene que ser tratado con una o más aplicaciones de insecticidas para controlar el lygus. Estos problemas son evitados cuando la plaga es controlada en el cártamo antes que abandone los campos para pasar al algodónero.

VI. ROL DE LOS ENEMIGOS NATURALES DE LAS PLAGAS EN LOS AGROECOSISTEMAS  
(de Southwood y Way, 1970)

Los efectos de los predadores, parasitos y enfermedades pueden ser muy import  
antes en un programa de manejo de plagas. Este tema será tratado en forma am  
plia durante el curso por el Dr. Robert vanden Bosch.

A. Tiempo Disponible para la Invasión de Enemigos Naturales

A menudo los enemigos naturales no se establecen por si solos en las nue  
vas áreas del cultivo tan rápidamente como sus presas. De allí que hay un  
período virtualmente libre de enemigos naturales; cuanto más largo en el  
tiempo que existe el cultivo mayor es la probabilidad que se establezcan  
los enemigos naturales.

B. Fuentes de Invasión de Enemigos Naturales

La labranza del suelo causa altas mortalidades de la mayoría de los insec  
tos que se alimentan de plantas y de los estados pupales de los enemigos  
naturales (Way et al. 1969); de allí que campos recientemente cultivados  
carezcan con pocas excepciones, de insectos que no habitan en el suelo.

C. Disponibilidad de Alimento para Estados No-Entomófagos

Los adultos de muchos parásitos dípteros e himenópteros requieren de po  
len y néctar para que maduren sus huevos o para prolongar su vida e incre  
mentar su fecundidad (Leius, 1960) y así las poblaciones de hospederos  
pueden ser atacados más intensamente (van Emden, 1965 a y b).

D. Alimento para Estados Entomófagos

Presas alternantes pueden servir como fuentes de enemigos naturales  
(Hambleton, 1944; Doutt y Nakata, 1965) y como fuente de alimento cuando  
la densidad de la plaga está baja (Taylor, 1937).

VII. ROL DE LAS PRACTICAS AGRONOMICAS EN LOS AGROECOSISTEMAS

Cualquier modificación en las prácticas usuales de la producción de un cultivo  
puede acarrear cambios, a veces sutiles, en la planta y en el ambiente. La  
atractividad y adecuamiento de la planta y el ambiente a la plagas puede alte  
rarse y, en algunos casos, esto puede agravar o aminorar ciertos problemas de  
plagas o aún crear otros nuevos. Modificaciones en el tiempo de aplicación y  
en las cantidades de riego o fertilizantes, uso de diferentes variedades, espa  
cio entre surcos y entre plantas, prácticas de cultivo, o tiempo de siembra y  
madurez del cultivo, todos pueden tener impacto sobre las poblaciones de pla  
gas y especies benéficas. Algunas modificaciones están diseñadas especialmente

para producir el control cultural de ciertas especies. En algunos casos estas prácticas proveen la primera línea de defensa contra las plagas, y la utilización de otras medidas represivas, por ejemplo, los insecticidas, son solamente suplementarias.

En general, las prácticas agronómicas que producen plantas vigorosas, fisiológicamente fuertes benefician el manejo de las plagas. La siembra debe realizarse cuando las temperaturas del suelo son lo suficiente altas para asegurar una emergencia rápida y uniforme de las plantitas y su posterior crecimiento. La siembra también debe realizarse uniformemente de manera que la cosecha ocurra cuando la estación está relativamente seca. La cosecha tardía o desuniforme en un área puede tener profundos efectos en las poblaciones de insectos, puesto que permite que se desarrollen generaciones adicionales de las plagas. En el caso del algodón pueden lograrse beneficios significativos de la defoliación cosecha rápida, desmenuzamiento de los tallos, y la incorporación al suelo de los restos de la planta, si estas prácticas pueden realizarse uniformemente y suficientemente temprano para evitar los incrementos de las plagas. Muchos de los beneficios que se logran se proyectan a la siguiente campaña, puesto que la cosecha temprana puede también reducir el número de insectos que pueden pasar con éxito el invierno.

## VIII. LA DIVERSIDAD DEL AGROECOSISTEMA Y EL MANEJO DE PLAGAS

### A. Definiciones

1. Heterogeneidad.- La cualidad de ser heterogéneo, es decir de consistir en ingredientes o constituyentes diferentes.
2. Diversidad.- Condiciones de ser diferentes o que tiene diferencias.
3. Autóctono.- Indígena, nativo.

### B. El Dogma

1. Todos los ecosistemas tienden hacia la estabilidad y conforme el ecosistema es más diverso y complejo, mayor es su estabilidad.
2. El origen del dogma puede remontarse a Herbert Spencer pero en realidad se genera con Mac Arthur y Elton a mediados de la década del cincuenta. Basado en el concepto que una red alimenticia de interacciones entre niveles trópicos actúan para resistir a los cambios de abundancia de las especies en forma más efectiva que las cadenas alimenticias simples.

3. Extrapolación o Conclusión - la estabilidad es una consecuencia de la diversidad- así para combatir la inestabilidad debe crearse la diversidad de allí que los sistemas agrícolas o agroecosistemas son inestables -son demasiado simples- necesitamos aumentar la diversidad -de manera que debemos tender a campos pequeños, barreras perimetrales de árboles, cultivos mixtos, etc. Hay algo de verdad en todo esto pero como sucede con muchas otras cosas es demasiado simplista.

#### El Agroecosistema y la Estabilidad

Los agroecosistemas son inherentemente inestables. El manejo agrícola, por ejemplo la aradura del suelo, es disruptiva, la siembra de semillas uniformes, la función del agua, los fertilizantes.

Para alcanzar una forma de estabilidad que el agricultor desee ( es decir uniformidad, altos rendimientos) se requieren manipulaciones culturales adicionales para mantener y proteger sus plantas, ejemplo pasar cultivadora contra malezas y las operaciones de control de plagas. Fluctuaciones restringidas en las poblaciones de las plagas a niveles que puedan ser tolerados.

Sobre el tema de la diversidad del agroecosistema y la estabilidad y el control de plagas. La mejor conclusión es que no hay correlación entre la diversidad y la estabilidad. Esto aboga en el sentido de que la diversidad per se no es útil en agricultura. Esto significa que no debemos buscar diversidad solo por la diversidad misma, sino cuando ella tenga alguna relevancia específica probada. La calidad de la diversidad es muy importante. El aumento de la complejidad o su preservación sin evaluar sus méritos no es recomendable.

#### X. CLASIFICACION DE LOS AGROECOSISTEMAS PARA LOS PROCEDIMIENTOS DE MANEJO, DE PLAGAS

El manejo de plagas involucra la integración de los métodos de control biológico, cultural y químico dentro de un enfoque integrado. La importancia de los varios factores en el sistema de la población previamente mencionada y las potencialidades de los diferentes métodos de control dependen en general de cuatro características del agroecosistema.

1. La diversidad de vegetación dentro del ecosistema
2. La permanencia de los varios cultivos dentro del agroecosistema
3. La estabilidad del clima
4. El grado de aislamiento del agroecosistema respecto a la vegetación natural.

### A. Diversidad

La discusión teórica anterior del rol de la diversidad del ecosistema en la estabilidad de la población enfatizó la imposibilidad de una predicción firme de su rol en ausencia de un conocimiento detallado de las respuestas en términos de densidad de los varios eslabones trópicos. En un contexto más práctico, cualquier práctica de manejo que afecte la densidad debe evaluarse separadamente en relación a sus efectos sobre la plaga y en relación a sus enemigos naturales. La completa diversidad y estabilidad de una vegetación climax provee estabilidad a nivel del consumidor, particularmente en un clima estable y favorable, pero en la mayoría de agroecosistemas esta diversidad ha sido reducida en mayor o menor grado. En estas simplificadas condiciones no se justifica conjeturar que cualquier incremento en la diversidad tendrá un efecto estabilizante (Way 1966; Kenedy 1968). Así la diversidad conferida a los cercos arbóreos en áreas agrícolas pueden favorecer más a las plagas que a los enemigos naturales o viceversa (van Emden 1965 a). Algunas plagas principales en el Reino Unido, tales como el afis negro del frijol (Aphis Fabae) podría ser reducido substancialmente, sino eliminado, si sus plantas hospederas alternantes pueden eliminarse de los cercos vivos y otras áreas silvestres. La disponibilidad de polen y néctar de las flores en estas áreas influyen grandemente en la fecundidad de algunas plagas de hortalizas (por ejemplo la mosca de las raíces de la col, Erioischia brassicae (Finch y Cooker 1969), y también es de importancia similar para un número mucho más grande de enemigos naturales (van Emden 1965 a). Ciertas prácticas culturales, tales como el corte regular de los bordos y la eliminación de botones florales de los cercos vivos parecen afectar más a las especies predatoras que a las especies fitófagos (Southwood y van Emden 1967; Pollard 1968 a y b).

Los objetivos del manejo de plagas debe ser determinar qué elementos de la diversidad necesitan retenerse o agregarse y cuáles deben ser eliminados para favorecer el manejo de las poblaciones de las plagas.

### B. La Permanencia de los Cultivos

Se puede apreciar de las profundas diferencias de las condiciones de los cultivos perennes y anuales que también se requieren enfoques de manejo de plagas profundamente diferentes. Muchas plagas principales de cultivos perennes tienen una limitada tendencia a la dispersión y forman poblaciones relativamente cerradas con sus complejos de enemigos naturales (Southwood 1962; Conway 1970). La estabilidad comparativa del habitat de la planta hace esto posible y crea una situación donde el control biológico por enemigos naturales pueden tener un importante efecto estabilizador sobre las especies de plagas. Aún en lugares donde la dormancia es inducida por el frío del invierno (ejemplo, huertos templados), la cercanía de los sitios de invernación de las plagas y de los enemigos naturales mini

miza la demora de la respuesta de éstos últimos. En contraste, en los cultivos anuales de limitada duración es el grado de natalidad (en gran parte fijado por el éxito en la invasión), y no el de mortalidad, lo que determina el tamaño de la población (Southwood 1967).

C. El Clima

Las variaciones en el clima son probablemente los factores perturbantes más comunes en los sistemas de las poblaciones (Varley 1963; Southwood 1967; Richards y Southwood 1968). Por eso la estabilidad de las poblaciones es más probable en climas uniformes y favorables, donde es mínimo el número de incipientes erupciones de plagas (debido a factores perturbadores) a los cuales deben responder los enemigos naturales.

D. Aislamiento

La magnitud de aislamiento de un cultivo puede afectar seriamente el componente de enemigos naturales en un programa de control integrado. Tales programas pueden ser exitosos en regiones templadas donde a pesar del efecto perturbador del frío o la sequía estacional, la disponibilidad de lugares de hibernación y/o de presas alternantes en las cercanías permiten una rápida reinvasión de enemigos naturales al cultivo.

## HISTORIA DE LOS CONCEPTOS DE CONTROL INTEGRADO

J. LAWRENCE APPLE

Profesor de Fitopatología y Genética  
Coordinador de Programas Internacionales  
Director Asociado de Investigación  
Universidad del Estado de Carolina del Norte en Raleigh

La mayoría de las discusiones de los orígenes conceptuales del Control Integrado (CI), se centran en el sobreuso y sobredependencia de los pesticidas químicos que siguen a la Segunda Guerra Mundial y sus subsecuentes consecuencias desfavorables. Incluido entre los ejemplos de estas consecuencias desfavorables están el desarrollo de poblaciones de insectos y fitopatógenos resistentes a los pesticidas químicos, la rápida resurgencia de las poblaciones de las plagas motivo del control después de los tratamientos, las irrupciones de plagas secundarias y los efectos ambientales indeseables. Conforme va la historia, esta serie de calamidades fue contrarrestada por la sabiduría de unos pocos visionarios en la forma del CI (manejo de plagas). Otra versión lo describe como una mezcla de "idealismo, evangelismo, afán de moda, recolección de fondos y aún construcción de un imperio. El movimiento en verdad ha adquirido el ímpetu y el carácter de un despertamiento religioso..." (Price Jones, 1970

Hay elementos de veracidad en ambas versiones sobre los orígenes modernos del CI, pero los orígenes fundamentales son menos simplistas y más remotos en la historia. La evolución del concepto y su terminología abarca un período de varias décadas y ha sido fuertemente influenciado por las tecnologías en cambio y por los valores de la sociedad. Algunos especialistas en fitosanitario, continúan desacreditando el concepto como si representara solamente una nueva jergonza aplicada a prácticas de protección de cultivos establecidos desde hace tiempo. Yo reconozco que el CI no es un desarrollo disyuntivo en la protección de cultivos, pero representa un enfoque conceptual nuevo que coloca a la protección de cultivos en un contexto nuevo dentro del sistema de producción del cultivo. Muchos componentes del concepto de CI fueron desarrollados a fines del siglo diecinueve y comienzos del siglo veinte, pero el CI tal como se le concibe ahora es único porque está basado en principios ecológicos e integra metodologías multidisciplinarias en el desarrollo de estrategias de manejo del ecosistema que son prácticas, efectivas, económicas y protectoras de la salud pública y del medio ambiente. Los primeros esfuerzos de los protectores de cultivos para controlar plagas y enfermedades con métodos culturales basados en la ecología no fueron satisfactorios; consecuentemente, los entomólogos, los fitopatólogos, y más tarde los científicos en el control de malezas fueron preocupados con el descubrimiento de los pesticidas que eran económicos y efectivos. Desafortunadamente, los métodos químicos a menudo no fueron usados para suplementar los métodos culturales sino para suplantarlos. Nuestro grado de tecnología y entendimiento de la interacción plaga-patógenos-hospedero ha evolucionado al punto que una integración de las tácticas de control de plagas para una determinada clase de problema fitosanitario (por ejemplo, insectos patógenos de plantas, etc) y para problemas múltiples no solamente es factible sino necesaria en vista de las insuficiencias de los enfoques de métodos simples y uni-disciplinarios y su potencial para producir efectos indeseables en especies de plagas y especies benéficas a los que no se dirige la medida aplicada.

El concepto de control integrado fue mencionado por primera vez por entomólogos (Smith and Allen, 1954; Stern et al; 1959) como un enfoque que aplicaba principios ecológicos en la utilización de los métodos de control biológico y control químico contra plagas insectiles. Posteriormente fue ampliado para incluir todos los métodos de control (Smith and Reynolds, 1965). La idea de "Manejar" ("managing") poblaciones de plagas insectiles fue propuesto por Geier y Clark (1961), y el término "manejo de plagas" ("pest management") fue defendido por Geier (1970) de preferencia sobre "control integrado". El concepto de manejo de plagas ahora se ha ampliado para incluir toda clase de problemas fitosanitarios (patógenos, insectos, nemátodos, malezas) y con este contexto comunmente se le refiere como Manejo Integrado de Plagas (MIP) con la implicancia de integración tanto metodológica como disciplinaria.

Aunque la terminología de CI evolucionó principalmente dentro del campo de la entomología, ciertos elementos del CI están profundamente enraizados en la fitopatología. Aún antes de la demostración de la naturaleza patogénica de las enfermedades de las plantas, en el siglo diecinueve, pero principalmente después, se desarrollaron métodos para "manejar" enfermedades de plantas.

#### Evolución de las Prácticas de Control Fitosanitario

La historia del hombre es la historia de esfuerzos para ganar un mayor control sobre el ambiente. En un comienzo este control fue mínimo al grado que refugios pobres y suministros inestables de alimentos impusieron límites a la población. El gradual aumento de la capacidad del hombre para controlar su ambiente es paralelo al gradual progreso de la civilización. Pero según el hombre se agrupaba en villas y establecía cultivos en áreas cerca de los ríos, encontraba ataques por plagas y enfermedades progresivamente severos contra sus cultivos y contra el mismo. Por miles de años, el hombre no pudo hacer nada por las plagas salvo recurrir a la fuerza de la magia y a una variedad de dioses. En su mayor parte tuvo que convivir y tolerar los daños de las enfermedades de plantas y los insectos pero el hombre primitivo aprendió a mejorar sus condiciones a través de experiencias de "probar y errar".

Antes de la aparición de las ciencias de protección de cultivos y aún antes que se comprendiera la biología de los insectos y la naturaleza causal de las enfermedades de las plantas, el hombre desarrolló muchas prácticas de control cultural y físico para la protección de sus cultivos. Muchas de estas prácticas fueron subsiguientemente probadas como válidas científicamente aún cuando se habían derivado principalmente por métodos empíricos. Tales métodos ahora incluyen la sanidad (destrucción o utilización de los residuos del cultivo, "roguing" de plantas enfermas, etc), la labranza del suelo para destruir los insectos invernantes y el inóculo, remoción de los hospederos alternantes de los patógenos e insectos, rotación de cultivos para disminuir el incremento de las poblaciones dañinas de insectos y enfermedades, épocas de siembra para evitar períodos favorables a fuertes daños, el uso de semillas libres de insectos y patógenos y métodos de siembra, uso de cultivos trampas, selección de sitios de cultivo, poda y defoliación, aislamiento de otros cultivos, y el manejo de agua y fertilizantes curiosamente, en Connecticut y Massachusetts se dieron leyes para erradicar el berberis (Parris, 1968) como hospedero alternante de la roya del tallo del trigo (Puccinia graminis) antes que esta interrelación fuera probada por DeBary en 1865.

El uso apropiado de estos métodos culturales pueden reducir el daño potencial a los cultivos de esencialmente todas las enfermedades y plagas, y pueden proveer control económico de muchos insectos y enfermedades. Pero hubieron muchas plagas y enfermedades de gran potencialidad de daño que no podían ser controladas adecuadamente por los antiguos agricultores utilizando los métodos culturales conocidos. Conforme se amplió el conocimiento biológico durante los siglos dieciocho y diecinueve y conforme se agudizaban los problemas fitosanitarios como resultado de la intensificación de la agricultura y la introducción de varias plagas a nuevas áreas el hombre fue preocupándose en mayor grado en la búsqueda de métodos de control más efectivos. El descubrimiento durante la década de 1850 de que los hongos pueden producir enfermedades de las plantas abrieron el camino al estudio científico de agentes para controlar enfermedades, y la principal investigación se dirigió a encontrar compuestos químicos (Parris, 1968).

En épocas tan tempranas como el siglo dieciocho se recomendaban varias sustancias químicas y cocciones para el control de insectos y enfermedades (Lodeman, 1903). Durante este período se recomendaba una suspensión líquida de cal apagada con tabaco molido para el control de pulgones; varias otras cocciones de plantas, estiércol de animales, hollín, cenizas, agua de mar, orina, jabón, trementina, alcohol, agua de drenaje, y muchos otros se recomendaban para el control de insectos y enfermedades. Parece que por ese entonces los jardineros eran del convencimiento que la efectividad de un producto o una mezcla era directamente proporcional a lo ofensivo de su olor o sabor.

No se produjeron cambios importantes en los materiales usados en el control de hongos o insectos hasta alrededor de 1882 cuando se produjo el descubrimiento inesperado del "Caldo bordales" (cal viva y sulfato de cobre) por Millardet en Francia. Esto inicia la etapa de control químico práctico de una enfermedad. Probablemente la destrucción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en los Estados Unidos por el escarabajo de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*) impulsó el descubrimiento del Ver de París alrededor de 1870, que introdujo la era de los insecticidas químicos (Loderman, 1903). Mucho progreso se hizo en la técnica del control químico de insectos y enfermedades durante el último cuarto del siglo diecinueve.

La resistencia de plantas a insectos y enfermedades fue reconocida en el siglo diecinueve, pero el desarrollo deliberado de variedades resistentes a plagas y enfermedades no fue posible hasta después del re-descubrimiento de las leyes de la herencia de Mendel en 1900. Siguiendo esta apertura, este enfoque fue explotado rápidamente para el control de importantes enfermedades de cereales y otros cultivos, pero se adoptó menos vigorosamente para el control de insectos hasta años recientes.

El éxito del control químico y la resistencia de las plantas hospederas en el control de plagas y enfermedades distrajo la importancia del control cultural en muchos casos. Esta situación indujo a Stevens (1960) a la conclusión que la simplicidad y efectividad general de la resistencia de la planta y del control químico desvió la atención del control cultural al punto que recibió menos interés popular y apoyo. La literatura sobre protección de cultivos en el período 1900-1965 demuestra claramente una preocupación en el desarrollo de mejores variedades resistentes

(Principalmente contra patógenos) y mejores productos químicos, pero comparativamente poca atención a la ecología de los patógenos o de los insectos y a los métodos culturales.

#### Defensas tempranas de un enfoque ecológico en la protección de cultivos

Conforme se establecieron las estaciones experimentales agrícolas en los Estados Unidos a fines del siglo diecinueve, los entomólogos y fitopatólogos comenzaron a descubrir explicaciones biológicas para las metodologías de control fitosanitario que habían sido desarrolladas previamente en forma empírica y que se restringían en gran parte a medidas naturales y culturales, a veces aumentadas con el uso mínimo de los primeros insecticidas o fungicidas.

Parcialmente por una visión intuitiva y parcialmente porque había poco que escoger, los entomólogos destacados defendieron el enfoque ecológico del control de plagas. En 1880, Stephen A. Forbes, entomólogo del Estado de Illinois y Profesor de Zoología y Entomología de la Universidad de Illinois, adoptó la palabra "ecología" e insistió en una aplicación amplia de los estudios ecológicos en relación con los problemas de insectos en los cultivos agrícolas (Metcalf, 1930). Un número de otros investigadores involucrados en la protección de cultivos también defendieron este enfoque fundamental.

A pesar de la posición de destacados entomólogos, durante la siguiente mitad del siglo hubo una erosión gradual en el entendimiento de la importancia de la ecología en el control de plagas insectiles. Por supuesto que hubieron excepciones a esto y de tiempo en tiempo se hacía algún llamado para el enfoque ecológico. Charles W. Woodworth, Profesor de Entomología de la Universidad de California, defendió a lo largo de su carrera, un enfoque de "manejo" basado ecológicamente (Smith, 1975). Por ejemplo, en 1896 Woodworth sostuvo que todos deberían tener una clara idea de los métodos de control disponible y cómo y cuándo aplicarlos.

El Profesor Woodworth (1908) también discutió la necesidad de evaluar cuidadosamente cada factor de mortalidad e investigar las interacciones de los componentes separados con una terminología que claramente demuestra su familiaridad con lo que ahora llamamos "el concepto de ecosistema" y la mortalidad "dependiente de la densidad". El fue el primer entomólogo en señalar el hecho importante que el porcentaje de parasitismo en una plaga insectil no es criterio válido para asegurar la eficacia de un parásito.

Hubieron otras defensas tempranas "enfoque ecológico" en el control de plagas insectiles. En 1926 Charles Townsend, influenciado por su experiencia en el Perú, estableció que "las investigaciones ambientales proveen la única base segura de trabajo orientado al descubrimiento rápido de las medidas apropiadas para el control de insectos, sea para la supresión de las especies dañinas o para la extensión de las especies benéficas". En 1945, antes del impacto del DDT y de los pesticidas orgánicos, Michelbacher también enfatizó la importancia de la ecología en el control de insectos.

Aparentemente no hubo una fuerte preocupación paralela entre los fitopatólogos sobre la aplicación de principios ecológicos al control de las enfermedades. Después que se establecieron las interrelaciones de "causa y efecto" entre los patógenos y los síntomas de las enfermedades, generalmente se reconoció que los ciclos de vida de los patógenos deberían comprenderse para descubrir una "unión débil" que podría ser explotada para su control. Pero probablemente debido al hecho que los fitopatólogos fueron entrenados como botánicos, no se preocuparon acerca de las interacciones de las poblaciones de patógenos y su ambiente total como lo fueron los entomólogos en relación con la población de insectos.

### Cambio a la Dependencia de Productos Químicos y en menor extensión a las Variedades Resistentes

A pesar de las ocasionales advertencias acerca de los riesgos de los enfoques unilaterales en la protección de cultivos, en los Estados Unidos los programas gradualmente se cambiaron hacia la dependencia de pesticidas químicos y de variedades resistentes a las enfermedades pero en menor grado a variedades resistentes a los insectos. Las señales de aparición de poblaciones de plagas resistentes a productos químicos (ej. queresá roja resistente al HCN en cítricos y la polilla de la manzana resistente al arseniato de plomo) fueron ignorados. El patrón de acontecimientos con el control de plagas del algodón durante el período 1920-1945 es un buen ejemplo de lo que pasó.

Es difícil señalar las causas de la parálisis de la entomología aplicada del algodón que comenzó en 1920 y alcanzó su cima hace pocos años. La Entomología aplicada sufrió el mismo destino aproximadamente al mismo tiempo. Tal vez la causa sea social, y el remedio estaba en las políticas públicas que estaban fuera del alcance de la época. Por otra parte, las actitudes y errores de los entomólogos sumaron más que cualquier otro factor aislado.

Ironicamente, el comienzo coincide con el tiempo en que un número de entomólogos del algodón descubrieron los métodos prácticos de aplicar arseniato de calcio. Estos entomólogos dejaron de lado sus trabajos de base ecológica sobre control cultural, control biológico y variedades resistentes y comenzaron la búsqueda exclusiva de programas de espolvoreos, dosajes, franjas de tratamientos y orificios de boquillas. Este cambio en el énfasis de la investigación también pagó tremendos dividendos, porque el control con los insecticidas era espectacular. El entomólogo aplicado se volvió obsesionado del inmenso poder que ejercía sobre la naturaleza con esta potente arma.

### Impacto Inicial de los Pesticidas Orgánicos

La filosofía prevaleciente a la que se habían adherido los entomólogos aplicados durante el segundo cuarto del presente siglo recibió aún mayores oportunidades para expresarse cuando los insecticidas orgánicos de la post-guerra se introdujeron al finalizar la década de 1940. Los entomólogos entusiastamente adoptaron dentro de sus programas de control al DDT y otros materiales organoclorados y más tarde organofosforados (OP) y carbamatos.

Whitcomb (1970) y Newson (1970) describieron el enfoque que la mayoría de los entomólogos algodoneiros del período de post-guerra defendieron con los nuevos materiales orgánicos. En general, los entomólogos recomendaron que los agricultores as perjaran sus algodones una vez por semana desde el tiempo en que se iniciaba la formación de botones hasta cerca de la cosecha, pero no había forma en que el agricultor pudiera determinar si efectivamente necesitaba del tratamiento. Ciertamente algunos entomólogos tuvieron más influencia que otros en promover este método de control. Sin embargo, este enfoque fue aceptado favorablemente por la mayoría de entomólogos de entonces.

A pesar de esta filosofía prevaleciente, también se desarrollaron durante este período algunos programas de manejo de plagas muy bien basados. Un buen ejemplo del fracaso de los pesticidas químicos orgánicos en el control de plagas del algodoneiro ocurrió en el Valle de Cañete durante la primera parte de la década de 1950 (Boza 1972). Estoy seguro que la mayoría de ustedes está familiarizado con la implementación de un programa de manejo, ecológicamente basado, para los insectos del algodoneiro en Cañete y del éxito del programa.

Otro ejemplo clásico fue el programa de control cultural desarrollado por el gusano rosado Pectinophora gossypiella Saunders, recientemente revisada por Adkisson (1972). También algunos entomólogos continuaron animando a los agricultores o exploradores a chequear los campos de algodón regularmente y a aplicar insecticidas sólo cuando la población de plaga cause daño económico (G.L. Smith, 1953; R.F. Smith, -- 1949; Boyer et al, 1962). También Newton y Smith (1949) y algunos de sus seguidores reunieron evidencia de que los nuevos insecticidas orgánicos afectaban seriamente la población de algunos enemigos naturales. En general, sin embargo, el período de fines de los años cuarenta hasta comienzos de los sesenta, marcó el tiempo en que la mayoría de las áreas principales de cultivo de algodón afectadas con plagas severas de insectos, fueron cubiertas por una pesada capa de insecticidas.

### Regreso a los Logros Ecológicos en la Protección de las Plantas

Los problemas de plagas en cosechas agrícolas en los EE.UU. se han agravado e intensificado debido a un complejo de factores. Algunos de estos factores se relacionan con la base limitada de las tácticas empleadas (principalmente resistencia del huésped y productos químicos). En muchas circunstancias estas tácticas ya no controlaban los organismos elegidos, interferían con el control de otras plagas, y liberaban especies del control natural existente de modo que se convertían en plagas. En algunos casos, los productos químicos modificaron la fisiología de las plantas cosechables desfavorablemente, crearon peligros para la salud del hombre, destruyeron los polinizadores y otras deseables vidas silvestres, y en otras formas produjeron efectos desagradables.

La introducción de nuevas especies de plagas en el agroecosistema de los EE.UU. también ha puesto énfasis en una tecnología de protección de las plantas, ya sobrecargada. Aún más, la presión ejercida sobre los agroecosistemas hacia una mayor intensificación de la producción a través de los años los ha forzado a evolucionar muy rápidamente y ha creado nuevos ambientes para las plagas. Como un resultado, los agroecosistemas a menudo han sido más vulnerables a las pestes. Los

cambios en el cultivo de la tierra, irrigación, variedades de cosecha, fertilización y otras prácticas agrícolas influyeron fuertemente en la incidencia de las plagas, muy a menudo en favor de la abundancia de sus especies. La creciente complejidad e intensidad de las prácticas de producción agrícola junto con la reducida diversidad genética en muchas especies de cultivos combinados producen una nueva magnitud de peligros para la cosecha.

La intensificación y complejidad creciente de los problemas para la protección de la cosecha, junto con los peligros para la salud, financieros y ambientales asociados del uso de productos químicos pesados, se han combinado para estimular un gran interés en la importancia de la protección de la cosecha y en el amplio alcance ecológico como un acercamiento válido a soluciones aceptables. Y también de gran importancia ha sido el creciente apoyo financiero para los programas de investigación, extensión e implementación de campo del control integrado.

Mientras los problemas se intensificaban en la protección de la cosecha, el debate sobre el asunto también se intensificaba. Esto finalmente estalló en el episodio de "Primavera Silenciosa" (Carson 1962; Westcott, 1962). El Comité de Asesoría Científica del Presidente en los EE.UU. emitió un informe especial en 1963 titulado "Uso de los pesticidas", y que encontró la falla en un número de productos químicos para protección de la cosecha, especialmente insecticidas. La epidemia de 1970 (Tatum, 1971) enfatizó el problema de la vulnerabilidad genética en las especies de cosecha mayor en los EE.UU. a los ataques dañinos de las plagas (NAS, 1972). Estas situaciones combinadas con la creciente toma de conciencia sobre una crisis mundial de alimentos, motivaron acciones institucionales y gubernamentales de apoyo al desarrollo de los sistemas de CI para agroecosistemas principales en los EE.UU.

Un gran paso hacia el desarrollo de los programas de Control Integrado fue el dado por el Gobierno de los EE.UU. en 1972. En su "Mensaje sobre la Protección Ambiental", el Presidente de los EE.UU. instó a las agencias respectivas del gobierno a tomar acción inmediata sobre el desarrollo de los programas CI para proteger: a) el suministro de alimentos de la Nación contra los estragos de las plagas; b) la salud de la población y c) el ambiente. La directiva del Presidente apresuró la iniciación de un proyecto de investigación nacional, comprometiendo 19 Universidades y varias agencias federales, titulado: "Los Principios, Estrategias y Tácticas para la Regulación de la Población de Plaga y Control en Ecosistemas de Cosecha Mayor" (conocido como el "Proyecto IPM Fluffaker").

Otros programas iniciados en 1972 fueron proyectos piloto para implementar los programas CI en los varios estados; desarrollo curricular para entrenamiento y certificación de especialistas en protección de cosecha por las Universidades land-grant; y proyectos de investigación piloto CI dentro del Servicio de Investigación Agrícola en colaboración con los grupos estatales. Estas acciones han sido seguidas por una intensificación de la investigación del manejo de plagas, dentro de las estaciones, agencias federales y experimentales agrícolas dentro del estado financiadas tanto por fondos estatales como federales.

### El Moderno Acercamiento del Control Integrado

Los grandes adelantos hechos en décadas recientes para proveer más alimentos y otros productos agrícolas, sirven de testimonio de la habilidad del hombre para desarrollar y manipular tecnología científica para su propio bien. Sin embargo, la experiencia ha probado repetidamente que la tecnología ha sido desarrollada y manipulada a menudo para satisfacer sólo necesidades de corto término. Las consecuencias desafortunadas de dos de estos adelantos tecnológicos han proporcionado muchas de las razones fundamentales para el C.I. Uno de estos adelantos surgió poco después de la Segunda Guerra Mundial con la introducción del DDT y otros pesticidas. El otro adelanto fue la introducción y uso extendido de las variedades de cosecha basadas en una genética fácil pero estrecha que ahora sirve como base de la "Revolución Verde".

No podemos discutir en detalle las consecuencias ya experimentadas de estos dos adelantos tecnológicos o las implicaciones de esta tecnología para el futuro. La aparición de numerosas características de resistencia a los insecticidas en las plagas de cosecha y la creciente evidencia de nuevos biotipos o clases de pestes que resisten y se adaptan a las variedades de cosecha anteriormente resistentes a las pestes, representan las consecuencias y defectos de los adelantos tecnológicos dirigidos a satisfacer necesidades de corto plazo. Estas desafortunadas experiencias han ocurrido porque la tecnología fue empleada unilateralmente, indiferente a las consecuencias ecológicas potenciales de efecto opuesto que ya nos han alcanzado en algunas circunstancias. Sin embargo, un beneficio ha surgido de estas consecuencias desfavorables, en la forma de una atención más cercana de todos los especialistas en protección de cultivos a los principios ecológicos que son básicos para el control exitoso de pestes por largo tiempo.

La protección científica de los cultivos siempre ha requerido de un conocimiento de los principios ecológicos, las dificultades biológicas de cada peste, y los factores naturales que tienden a regular sus números. Hoy día, es más necesario que nunca antes el tener una amplia visión ecológica referente a estos problemas, y el considerar todos los factores posibles, tanto naturales como artificiales, que pueden usarse contra las plagas de las cosechas. No podemos exponernos más a pasar por alto las considerables capacidades de los organismos de las plagas para ponerse a los esfuerzos de control. La mayoría de estos organismos están extremadamente acomodados para medrar nuestros agroecosistemas y para adaptarse a las condiciones cambiantes en la producción de la cosecha. Es por esta prudente razón que debemos entender los métodos de la naturaleza para regular las poblaciones y ampliar al máximo su aplicación. Esto requiere claramente un realineamiento de las prácticas y objetivos de la investigación. Se necesita un acercamiento unificado y balanceado, establecido principalmente sobre principios ampliamente probados sobre el control de pestes y las formas de implementarlos, y reconociendo las limitaciones así como las desventajas de cualquier método nuevo que estén evolucionando.

Por lo tanto, C.I. está tratando de reunir equipos de científicos que sean capaces de dar una visión ecológica amplia de los problemas de las plagas asociadas con nuestros agroecosistemas principales y quienes deseen ser líderes en desarrollar acercamientos unificados y ecológicamente basados al control de plagas. Estos

equipos multidisciplinarios tendrán el potencial para desarrollar soluciones efectivas, económicas y de largo plazo para los problemas de plagas agrícolas, si ellos se acercan a los sistemas de cosecha como unidades ecológicas y si aplican los métodos más sofisticados de experimentación, síntesis y análisis.

Una de las muchas trampas del control de plagas unilateralmente designado que se limita a sólo una plaga o un grupo de plagas estrechamente relacionado es el resultado de los efectos opuestos de un control similarmente designado para remediar el surgimiento de una plaga diferente o un complejo de plagas. Una estrategia de control unilateral extremadamente efectiva desarrollada para una plaga de insectos dada, por ejemplo, puede ser totalmente nula al arribo de un nuevo habitante de la peste tal como una cizaña, un fitopatógeno, un ácaro u otro insecto. Por esta razón el arribo de una nueva peste en un distrito de cosecha dado puede aún anular el efecto de los programas C.I. altamente sofisticados. Un ejemplo clásico existe en las áreas desérticas productoras de algodón de California y Arizona. Programas efectivos de C.I. fueron desarrollados para las plagas del insecto del algodón nativo de esas áreas y fueron exitosamente adoptados por muchos de los agricultores del área hasta el arribo de gusano rosado a fines de los años sesenta. La acción profiláctica para controlar a este invasor, la cual consistía principalmente de enormes aplicaciones de insecticidas, rompió y estorbó totalmente los beneficios de los programas C.I. anteriormente adoptados. Este es uno de varios ejemplos que demuestran la necesidad de defensas establecidas para prevenir la anulación de una estrategia operacional C.I. cuando se confronte una invasión de un nuevo tipo de plaga o la evolución de nuevos biotipos de viejas plagas. Este no será una tarea fácil ya que el arribo de estas nuevas situaciones no puede ser conocido con anticipación. Sin embargo, las estrategias nuevas de C.I. ofrecen mecanismos de defensa superiores a través de los sistemas de vigilancia; pero estos están condicionados por nuestro limitado entendimiento de plagas evolutivas altamente complejas, movilidad de las plagas; interacciones de las plagas y patrones cambiantes del microbio de las cosechas agrícolas. Primero, el acercamiento integral ha proporcionado un nuevo discernimiento sobre las complejidades de las relaciones interespecíficas de las plagas o plagas potenciales en los agroecosistemas. Por ejemplo, los principales enemigos naturales y otros factores reguladores de la población de plagas claves, plagas ocasionales y plagas potenciales de muchos de los principales sistemas de cosecha han sido identificados. Por lo tanto, somos más concientes de la sensibilidad de estas interrelaciones naturales y tenemos un entendimiento más claro de los hechos catastróficos y negativos (tales como insecticidas, variedades de plantas, prácticas culturales, etc) que pueden alterar este balance. Segundo, los programas actuales de C.I. están reuniendo equipos formados por especialistas en protección de la cosecha y otras disciplinas de apoyo. La mejorada comunicación e interacción interdisciplinaria debe prevenir el surgimiento de medidas de control unilaterales de efecto contrario como lo ejemplifico en el siguiente ejemplo. Comúnmente, en el Sur de los EE.UU. se viene aplicando un fungicida (Benomyl) a una extensa área de cultivo de soya para controlar un complejo de fitopatógenos sin conocimiento de los patógenos específicos que estaban siendo controlados o del daño económico que estaba siendo causado por ellos. Desafortunadamente, este "tratamiento tónico" al mayoreo está anulando los efectivos programas de C.I. contra los insectos de la soya. De hecho, además del control del fitopatógeno fungi, el fungicida tiene efectos adversos en la población del fungi entomopatogénico que son enemigos naturales importan-

tes de varias plagas de insectos lepidópteros de la soya. Más dañino todavía, sin embargo, es la inclusión de los insecticidas "seguros" de amplio espectro con los tratamientos fungicidas. Aún cuando este problema tiene que ser resuelto todavía, los entomólogos trabajando en conjunto con fitopatólogos en el curso del desarrollo de los programas C.I. están en mucha mejor posición que nunca antes, de desarrollar una solución satisfactoria. Tercero, las estrategias del C.I. en desarrollo prometen proveer opciones y senderos a soluciones alternativas en el hecho de desarrollos de "crisis", tales como el surgimiento de rasgos de resistencia a pesticidas, biotipos que pueden vencer la resistencia del hospedero, o el arribo de invasores de plagas en un ecosistema. Los alcances opcionales serán desarrollados, sin embargo, sólo a través de la continua y cercana colaboración de científicos en muchas disciplinas enfocados en sistemas integrales. Pero estos alcances serán esenciales para defenderse contra las crisis dañinas que con seguridad surgirán en los programas del manejo de plagas del futuro; porque los agroecosistemas dinámicos provocan cambios obstaculizantes en los sub-sistemas de plagas dinámicos que deben ser "manejados" para preservar nuestro potencial de producción.

## PLAGAS Y ENFERMEDADES CLAVES

FAUSTO H. CISNEROS V.

Jefe del Departamento de Sanidad Vegetal  
Director del Programa de Agronomía  
Universidad Nacional Agraria  
LA MOLINA.

A pesar del título del tema, la mayoría de los conceptos que se tratan en este artículo se refieren fundamentalmente a las plagas, por extensión podrían aplicarse a las enfermedades de las plantas. Esto se debe; primero, a que el expositor no es fitopatólogo y; segundo, a juzgar por la literatura disponible, parece que muchos de estos conceptos, familiares en el campo entomológico, recién están en proceso de desarrollo y adopción en el campo fitopatológico. La diferencia de enfoque se inicia con las definiciones de plagas y enfermedades.

El criterio de "plaga" viene a ser una concepción relativa a los intereses del hombre; cualquier especie animal que el hombre considera perjudicial a su persona, a su propiedad o al medio ambiente constituye una "plaga". En el contexto agrícola una plaga viene a ser una población de animales que reduce la cosecha o su valor. Estos animales suelen ser insectos, ácaros, nemátodos, roedores, caracoles y babosas.

La enfermedad de una planta, en su sentido más amplio es cualquier alteración en la fisiología o en el crecimiento de una planta. Se dice que una planta enferma presenta características anormales pero en realidad no existe una línea de distinción definida entre una planta normal o saludable y una planta anormal o enferma. Con fines prácticos se dice que son plantas enfermas aquellas que alteran su desarrollo fisiológico y morfológico en tal grado que presenta síntomas obvios. Estos efectos pueden deberse a factores ambientales desfavorables o a microorganismos parásitos.

Los enfoques de las definiciones evidentemente son distintos. En un caso predomina el interés del hombre, en el otro caso el interés del hombre está ausente. Sin embargo, estando en un proceso de integración el enfoque conjunto de los cultivos agrícola es cuestión de tiempo para que los criterios económicos o de daños a las cosechas sean dominantes también en el campo fitopatológico.

El reconocimiento de un criterio económico en la designación de las plagas agrícolas permite hacer distinciones y categorizar a las poblaciones de fitófagos que pueden encontrarse en un campo agrícola. En principio no todas las especies presentes en el campo, aun cuando se encuentren alimentándose de las plantas causan daños económicos. El reconocimiento de este hecho establece una gran diferencia con la creencia más o menos extendida de que "el único insecto que no causa daño es el insecto muerto"; creencia que normalmente conduce a tomar desproporcionadas medidas de represión, que muchas veces resultan contraproducentes desde el punto de vista económico por tomar medidas innecesarias y ecológicas, por la destrucción temprana de la fauna benéfica, si se trata de aplicaciones de pesticidas.

Teniendo en consideración la magnitud de los daños que ocasionan las poblaciones insectiles presentes en el campo agrícola y la persistencia de tales daños, los fitófagos se suelen agrupar en las siguientes categorías:

- a) Fitófagos sin importancia económica o Plagas Potenciales: Generalmente - constituyen la mayoría de las especies presentes en el campo agrícola; se presentan normalmente en poblaciones bajas o muy bajas (algunas especies pasan desapercibidas) y no afectan la cantidad ni la calidad de las cosechas. Esta situación es válida para las condiciones particulares de un agroecosistema y no constituye un atributo o condición propia de las especies involucradas; por el contrario, puede ocurrir que estas especies posean características intrínsecas que bajo ciertas condiciones que permitan el incremento de sus poblaciones podrían causar graves daños. Los bajos niveles que exhiben las poblaciones se deben a factores naturales de represión entre los que se encuentran en mayor o menor grado, la acción eficaz de los enemigos naturales (parásitos, predadores y patógenos), variedades de plantas con cierto grado de tolerancia o resistencia, prácticas culturales desfavorables para el desarrollo de los insectos y condiciones climáticas desfavorables.

En el manejo del ecosistema debe evitarse el deterioro del factor o los factores responsables de la represión de estas poblaciones. De lo contrario ocurre el fenómeno comúnmente calificado como de "aparición de nuevas plagas".

- b) Plagas ocasionales: Algunas especies se presentan en gradaciones perjudiciales solamente en ciertas épocas y mientras que en otras carecen de importancia económica. Estos fenómenos se dan dentro de las fluctuaciones de densidad de sus poblaciones que, a su vez, son el resultado de las alteraciones de otros factores del ecosistema agrícola. La represión ejercida por los factores de control natural, propias del agroecosistema en que se encuentran las poblaciones no es tan intensa como en el primer caso. Por esta razón, cambios relativamente ligeros en estos factores, como la disminución temporal de la eficiencia de los enemigos naturales, alteraciones en las prácticas culturales (cambios en fechas de siembra, densidad, riegos, fertilizaciones, etc) introducción de nuevas variedades o alteraciones climatológicas, pueden dar lugar a incrementos en la densidad de las poblaciones hasta alcanzar niveles perjudiciales. De estas consideraciones se deduce que es muy importante, en el proceso del manejo del ecosistema, la manipulación de los factores que permitan corregir sus alteraciones ocasionales y se evitan de esta manera los incrementos poblacionales que desencadenan. Esto es fundamental en los Programas de Control Integrado. De la misma manera es muy importante disponer de medios que permitan pronosticar los incrementos esporádicos de las poblaciones y que resultan perjudiciales.
- c) Plagas Claves : Unas pocas especies, con frecuencia solo una o dos, en forma persistente, campaña tras campaña se presentan en poblaciones suficientemente altas como para ocasionar daños económicos en el cultivo.

Estas especies dentro de las condiciones prevaletientes del ecosistema, carecen de factores de represión eficientes, por lo menos desde el punto de vista del interés del agricultor. Si se presentan enemigos naturales éstos resultan ineficientes; las variedades cultivadas carecen de factores de resistencia o tolerancia, o son particularmente susceptibles; las prácticas culturales resultan favorables para el insecto o, por lo menos, no son desfavorables para su desarrollo y, finalmente, las condiciones climáticas son favorables.

En términos generales, suelen ser casos de plagas introducidas a nuevas áreas de climas favorables sin la presencia del complejo de enemigos naturales que suele estar presente en su centro de origen; o son especies nativas que se han adaptado favorablemente a nuevas especies de plantas o variedades introducidas que, a su vez, muestran alto grado de susceptibilidad. Con menos frecuencia, se trata de la introducción de nuevas prácticas culturales.

Desde el punto de vista de Manejo del Ecosistema las plagas claves constituyen el foco inicial de análisis y la iniciación de la estrategia del Manejo.

Las fluctuaciones de las poblaciones de los fitófagos en relación con el nivel, límite o umbral de daño económico pueden representarse gráficamente para cada uno de los casos antes mencionados (Fig. )

En la práctica, las situaciones no ocurren siempre en la forma absoluta antes descrita, sobre todo cuando se trata de climas subtropicales que permiten la producción agrícola durante todo el año con complejos de plagas dominantes propias cada una de las estaciones.

- d) Plagas Migrantes: Es una categoría de plaga que encaja dentro de las consideraciones anteriores, por no ser residentes del agro-ecosistema sino que entra a él periódicamente, por lo general causando perjuicio. Esta situación es relativamente poco estudiada, con excepción de las langostas migratorias.

#### Factores que determinan la magnitud del daño

Normalmente se acepta que la severidad del daño de una plaga está determinada por el nivel de abundancia del estado dañino de la plaga en el período en que el cultivo es susceptible. Pero este no es el único factor. Algunos de los factores que determinan o afectan la relación plaga-daño son los siguientes:

Hábitos de la plaga: entre los hábitos de la plaga está la preferencia por alimentarse de ciertos órganos de la planta. En general las especies que atacan directamente las partes de la planta que son objeto de la cosecha suelen causar mayores daños económicos que las especies que atacan otros órganos, considerando poblaciones similares.

Poblaciones de Prodenia resultan más perjudiciales atacando a bellotas del algodónero, como ocurre en el norte del país, que cuando se alimenta del follaje. Una misma población del picudo del algodónero posiblemente es más dañina en el Departamento de Piura que en valles de la Costa Central debido a que, además de ovipositor en los botones, presenta una mayor incidencia en el corte de los pedúnculos florales.

Densidad de la plaga: en general la intensidad del daño que puede causar una población de insectos está relacionada con su densidad. Esta relación normalmente no es aritmética; no se da el caso que duplicando el número de insectos se duplique la magnitud del daño. La relación que pueda existir variará con muchos factores entre ellos, el tipo de daño y el período de ataque.

Distribución de la plaga: una misma población de insectos puede causar daños más importantes si se encuentra concentrada en una parte del campo que si está distribuida más o menos uniformemente en todo el área. El primer caso equivale a una infestación severa en ciertas áreas con posibilidades de causar mayores daños económicos. En el segundo caso equivaldría a una infestación ligera o mediana de todo el campo. Esta consideración debe tenerse en cuenta cuando se interpretan "promedios" de infestaciones de áreas relativamente grandes.

Persistencia: la persistencia, o tiempo que dura la condición perjudiciosa de una población de insectos, es un factor que modifica las consideraciones entre los daños y las densidades de las plagas. Como generalización, es obvio que una plaga que mantiene cierta densidad causará más perjuicio si permanece en esa situación un tiempo relativamente prolongado, digamos unas semanas o meses, que si lo hace por períodos más cortos, para declinar luego por razones naturales.

Objeto del cultivo: Los órganos de la planta que se cosechan pueden ser sus hojas, flores, frutos, semillas, raíces, tallos o tubérculos o rizomas. Según el órgano cosechado y el uso que se le va a dar a tales órganos puede determinarse la importancia de la plaga. Las diferencias son obvias en algunos cultivos. Si las hortalizas se cultivan por sus hojas, los insectos que dañen el follaje tienen más importancia que cuando se trata de hortalizas que se cultivan por sus raíces. La importancia relativa de los insectos subterráneos es inversa, provocarán mayores daños económicos en las hortalizas que se cultivan por su raíz que en aquellos que se cultivan por su follaje.

En otros casos una misma especie de planta puede ser cultivada con fines distintos. La alfalfa normalmente se cultiva para ser usada como forraje efectuándose el corte al inicio de la floración. El mismo cultivo puede tener por objeto producir semilla; en este caso las plagas que dañan la semilla tienen una importancia que, obviamente, ni se considera en el primer caso. El maíz puede ser sembrado para producir grano, como hortaliza para producir el "choclo" o mazorca tierna, o como forraje o "chala", para utilizar sus tallos y hojas. En este último caso el gusano de la mazorca, Heliothis zea no tiene mayor importancia; en cambio si se trata de maíz para choclo, la importancia del Heliothis será máxima,

pues no sólo destruye una porción del grano, sino que la presencia de la larva o "gusano" en la mazorca desvalorizará el producto en el mercado. Similares consideraciones habría que tener con las frutas, según se trate de frutas destinadas para la mesa o para la industria de conservas o jugos.

Estado de desarrollo: El estado de desarrollo de la planta puede determinar un período particular de susceptibilidad al ataque de una plaga. Las infestaciones de cogollero del maíz en plantas tiernas puede provocar la muerte de las plantitas en cambio en plantas medianas a grandes las infestaciones pueden ser toleradas.

Cuando se trata de daños en el follaje de plantas que se cultivan por sus frutos o tubérculos, generalmente existe un período en que el daño del follaje afecta la fructificación o la producción de tubérculos; una vez pasado este período la repercusión de la infestación es menor. Las infestaciones tardías del gusano de hoja del algodnero no afectan la cosecha, salvo que se produzca el ensuciado de la fibra por los residuos de los alimentos y excrementos de los insectos. De igual manera las infestaciones tardías de moscas minadoras u otros insectos del follaje de la papa no afectan substancialmente la producción de tubérculos.

El daño que ocasiona el "arreatado" a las bellotas del algodón depende de la edad de las bellotas (J.González, 1959). Bellotas de 3 a 45 días son dañadas en su totalidad; bellotas de 46 a 51 días son dañadas en un 58 por ciento; y bellotas mayores de 51 días no sufren daños. Se deduce que las infestaciones tempranas del arreatado son más perjudiciales que las infestaciones tardías.

Capacidad de compensación: Muchas plantas tienen una gran capacidad para compensar los daños que les infieren las plagas. La destrucción del brote terminal puede provocar el desarrollo de brotes laterales. En otras plantas esta reacción no es posible. Cuando se destruye la yema terminal de plantitas de maíz o de col, los brotes laterales, si se producen, carecen de valor económico.

El algodnero es notable por su capacidad de compensación. Esta planta produce normalmente un número de órganos de fructificación que supera su capacidad de retención de los mismos hasta la madurez, por lo que el exceso se cae en forma natural, fenómeno que se conoce con el nombre de "shedding". La planta compensa la pérdida de botones y bellotas dañadas por los insectos reduciendo la caída natural de estos órganos. En ciertos casos hasta puede estimularse la formación y retención de un mayor número de órganos de fructificación. El desarrollo de los brotes laterales como consecuencia de la destrucción del brote terminal suele incrementar la producción. Por esta razón en algunos lugares se practica la destrucción del brote terminal como práctica cultural, de esta manera se detiene el crecimiento vegetativo y se estimula el desarrollo de las bellotas.

### Características del medio físico y biológico

Las características del medio físico, incluyendo las condiciones climáticas, edáficas y el riego afectan directamente a las plantas y a las plagas. Estas condiciones son alteradas en parte por las prácticas culturales; preparación del suelo, fertilización, irrigación, fechas de siembra, densidad de siembra, método de cosecha, rotación de cultivos, etc., que influyen en el vigor de la planta y pueden afectar su capacidad de compensación. Directa o indirectamente influyen sobre las plagas, la presencia de enemigos biológicos y otras plagas establecen condiciones de competencia que pueden afectar a los daños que causan las plagas.

### Características económicas

En general, los límites tolerables de las infestaciones de las plagas están en relación inversa al valor relativo del cultivo. Cuanto más alto es el valor económico de un cultivo más perjudicial resulta una plaga; por lo que el límite de infestación que puede tolerarse resulta mucho menor. Para un mismo cultivo, su valor económico está fuertemente influenciado por las condiciones en que se comercializa. El valor de la cosecha depende en gran parte de los principios de la oferta y la demanda y de otras características propias del mercado, todo lo cual varía según los lugares, las estaciones del año, de un año a otro; lo que, por su complejidad, no pueden ser analizadas en este trabajo. Debe anotarse, sin embargo, que simples alteraciones en la comercialización o valorización de los productos agrícolas pueden cambiar el criterio sobre las densidades de las poblaciones de insectos que llegan a causar daños económicos. En tiempo de escasez, por ejemplo raspaduras superficiales, escoriaciones, o la presencia de algunos insectos en el producto comercializado suelen no tener mayor importancia. En tiempo de abundancia, por el contrario factores secundarios como la presentación o aspecto externo de un producto, pueden afectar la calificación comercial y, consecuentemente, determinar depreciaciones económicas importantes. La imposición de grados artificiales de calidad, para satisfacer exigencias estéticas reales del público o creadas por conveniencia por los comerciantes intermediarios, suelen obligar a los agricultores a usar insecticidas en intensidades mayores que las razonables. De estas prácticas se derivan una serie de complicaciones que son revisadas por otros expositores.

### Análisis del Complejo de Plagas del algodón en la Costa Central

En el país se han registrado no menos de 60 especies de insectos y ácaros que se alimentan de las plantas de algodón. De estas especies unas pocas pueden considerarse plagas claves y plagas ocasionales, siendo la mayoría especies sin importancia económica. Un intento de presentar una categorización de los fitófagos del algodón de la Costa Central se presenta en la figura . Como en toda generalización existen variaciones específicas más o menos marcadas entre los valles y aún particularidades dentro de un valle. Tratándose de plagas nativas existe una fuerte represión biológica natural excepto en aquellas especies que pueden considerarse plagas claves.

- a) Especies con control biológico eficiente.- Estas especies normalmente no constituyen plagas salvo que los numerosos enemigos naturales que las reprimen sean destruidos por repetidas aplicaciones de insecticidas. Entonces las poblaciones se incrementa, sobrepasan los niveles económicos convirtiéndose en serias plagas, la mayoría de difícil control químico. Entre las especies principales pueden ser mencionadas las siguientes:

-Phenacoccus gossypii Townsend y Cockll., Pseudococcus neomaritimus Beardsley y Gossypina glauca Salazar, cochinillas o pulgones harinosos. Entre los numerosos enemigos naturales de estas especies se encuentran predadores Chrysopa spp., las moscas Leucopis spp. (Chamaemyiidae), los coccinelidos Scymnus ocellatus - Sharp, Pullus sp., Zagreus hexasticta (Cr.); diversos chinches Miridae y Anthorcoridae, y Symphorobius sp. Entre los parásitos más importantes: Anagyrus pseudococci (Girault), Anagyrus sp., Apoanagyrus sp., Paranusia sp., Grandoriella lamasi Domen, Leptomastidea sp., Aenasius massii Domen, Coelaspida sp., Peza - phycus sp. y Aphycus sp., etc. El control químico de esta especie es extremadamente difícil.

Argyrotaenia sphaeropa y Platynota sp., enrolladores de hojas; adquirieron gran importancia durante las campañas de intenso uso de insecticidas orgánicos en Cañete; entre sus parásitos eficientes se encuentran las avispa Pimpla sp. Itopectis sp. y Apanteles sp. y la mosca Nemorilla angustipennis.

- b) Especies con control biológico parcialmente eficiente: Estas especies cuentan con enemigos naturales que en condiciones óptimas ejercen una represión satisfactoria; otras veces, sea por condiciones ambientales favorables a las plagas o desfavorables para el complejo de enemigos naturales, la represión biológica no es en grado suficiente o; por lo menos, no se produce con la oportunidad deseable. Entonces es necesario complementar la represión con alguna medida de control que puede ser, inclusive la adecuada aplicación de un insecticida.

-Heliothis virescens Fabricius, perforador grande de la bellota; cuenta con un gran número de enemigos naturales siendo particularmente importante los chinches predadores de huevos, Rhinacloa aricana Carvalho, R. forticornis, Paratriphleps laeviusculus Champ. y Orius insidiosus; los parásitos de huevos Trichogramma brasiliensis y Trichogramma sp. y los parásitos de larvas Campoletis perdistinctus, Sagaritus sp. y Plagiotachina peruviana. El control químico de esta plaga es difícil sobre todo cuando se trata de larvas medianas y grandes. Las larvas pequeñas, en los terminales, pueden ser controlados con aplicaciones dirigidas de arseniato de plomo.

-Aphis gossypii Glover, áfido del algodónero o pulgón de la melaza; esta especie igualmente cuenta con un gran número de predadores y parásitos, incluyendo hongos patógenos que producen epizootias en condiciones favorables para su desarrollo. Salvo la rápida acción de los parásitos Aphidius phorodontis y Lysiphlebus sp., el control biológico a base de predadores generalmente es muy lento. Entre los coccinelidos predadores se encuentran la especie de Scymnus ocellatus Sharp, Scymnus sp., Cycloneda sanguinea L., Eriopis connexa Germ., Hippodamia convergens Guer. y Coleomegilla maculata; además hay dos especies de Chrysopa y moscas Syrphidae. El áfido del algodónero se combate con sulfato de nicotina o con insecticidas sistémicos.

-Anomis texana Riley y Alabama argillacea Hubner, gusanos de la hoja del algodón en la Costa Central y en la Costa Norte respectivamente. Las especies son fuertemente parasitadas por las moscas Eucelatoria australis T.T. y por la avispa Rogas gossypii Mues., en menor proporción por Meteorus chilensis Porter. Entre los predadores de huevos destaca el chinche Hyalochloria denticornis. El gusano de hoja se controla fácilmente con aspersiones de arsenicales.

-Bucculatrix thurberiella Busck y B. gossypiella Morrill, gusanos perforadores o esqueletizadores de la hoja del algodón; de mayor importancia en los valles de la Costa Norte; prolifera en suelos pobres pero por la destrucción de la fauna benéfica, generalmente derivado del control químico del arribatado, se vuelve grave plaga en cualquier condición de fertilidad; existe un numeroso complejo de enemigos naturales pero la mayoría de ellos no han sido identificados a nivel de especie o género (Martin, H., 1959). Esta especie ha desarrollado resistencia a varios insecticidas orgánicos usados en su combate.

-Mescinia peruella Schaus, perforador pequeño de la bellota. Esta especie cuenta con un buen complejo de enemigos naturales entre los que destacan Trichogramma sp., parásito de huevos, y Apanteles sp. e Idechthis peruviana parásitos de larvas. El control químico de esta especie es muy difícil.

-Empoasca kraemeri Ross & Moore, cigarrita verde. Esta especie adquiere cierta importancia en la costa central. No se ha estudiado mayormente la incidencia de sus enemigos naturales; se le puede combatir con insecticidas sistémicos, en dosis mayores que las requeridas para los áfidos.

- c) Especies con control biológico deficiente.- Estas especies normalmente constituyen plagas que requieren medidas de control relativamente drásticas, sobre todo cuando las condiciones ambientales se presentan favorables para su desarrollo. De estas especies, el arribatado resulta el más peligroso por cuanto su represión química generalmente desencadena una serie de problemas derivados de la destrucción de la fauna benéfica.

-Dysdercus peruvianus Guerin, arribatado o chinche manchador de la bellota. Sus infestaciones pueden ser el resultado de poblaciones remanentes o migraciones de las lomas y contrafuertes donde se reproducen en ausencia del algodón. La plaga adquiere su máxima importancia en el norte, pero en ciertos años su presencia en la costa central ocasiona graves daños. Las moscas parásitas Acaulona peruviana T.T. y Paraphoranta peruviana T.T. producen un parasitismo muy bajo. La represión de pequeñas poblaciones remanentes pueden hacerse con recojos a mano y con aplicaciones de cebos. Poblaciones mayores obligan el uso de insecticidas orgánicos. La especie ha desarrollado resistencia al BHC.

-Anthonomus vestitus Boheman, picudo de los botones del algodón; en ciertos lugares y determinados años se presenta produciendo graves daños; sus enemigos naturales no logran reprimir la plaga en "condiciones favorables para el picudo". Los parásitos más conocidos son Eupelmus cusmani, Microbracon vestiticida Catolaccus townsendi Crawf., Eurytoma piurae y E. lylodormatis.

-Eutinobothrus gossypii Pierce, gorgojo de la chupadera del algodónero o gorgojo del cuello de la raíz. El área de infestación se ha ido extendiendo progresivamente del norte hacia la costa central; los daños son particularmente severos en el algodón de rebrote o "soca", por lo que una de las medidas culturales es la eliminación de las socas. Entre los parásitos, que ejercen un limitado control, están las avispidas Eupelmus cushmani y Heterosphilus hambletoni.

#### Análisis de las plagas de los cítricos

A diferencia del algodónero, los cítricos son plantas introducidas y sus plagas, sobre todo la más seria, en su gran mayoría son también introducidas. La fauna benéfica en gran parte ha sido introducida. Según los conceptos antes referidos puede hacerse la siguiente categorización de las plagas (Fig. )

a) Especies con control biológico eficiente.- Estas especies normalmente se encuentran en poblaciones muy bajas, algunas veces pasan totalmente desapercibidas, debido a la acción de sus enemigos naturales. Pero cuando los enemigos naturales son destruidos por acción de los insecticidas orgánicos suelen convertirse en plagas graves, algunas de ellas de muy difícil represión química. Las especies más importantes son las siguientes:

-Coccus hesperidum (L), queresa blanda marrón, eficientemente parasitada por Metaphycus luteolus Timb. y, en menor grado por Coccophagus quaestor Girault. La acción de los parásitos puede ser interferida por hormigas del género Pheidole y por el polvo de los secos valles costeros. Esta queresa es una plaga potencial grave sin control químico eficiente.

-Planococcus citri Risso, piojo o cochinilla harinosa; eficientemente parasitada por Pauridia peregrina Timb. Plaga potencial grave sin control químico eficiente.

-Aleurothrixus floccosus Mask., mosca blanca lanuda de los cítricos. Esta especie generalmente es parasitada en forma eficiente por Amitus spinifera, pero la ausencia de lluvias en la Costa que no lava el exceso de melaza ni los depósitos de polvo, parecen afectar la eficiencia del parasitismo. Varios insecticidas como el Perthane, Thiodan, DDT o Gusathión pueden reprimir momentáneamente la plaga pero estos tratamientos suelen generar problemas serios con la araña roja.

-Icerya purchasi Mask, queresa algodonosa. Esta especie es controlada eficientemente por el coccinelido predator Novius (=Rodolia) cardinalis Muls. En ausencia de este predator constituye plaga muy grave de difícil control químico.

-Argyrotaenia sphaleropa Meyrick, gusano pegador de hojas; eficientemente controlado por diversos parásitos incluyendo Trichogramma sp. y Prospaltella sp., parásitos de huevos, y Apanteles sp., Nemorilla angustipennis TT., parásitos de larvas. Esta especie puede convertirse en plaga medianamente grave por la destrucción de los enemigos naturales. Su control químico puede efectuarse con aspersiones de criolita.

- b) Especies con control biológico parcialmente eficiente.- Los parásitos y predadores de estas especies normalmente ejercen apreciable mortalidad pero no siempre en grado suficiente, siendo necesario utilizar algún otro medio para completar la represión económica de la plaga.

-Lepidosaphes beckii Newm., queresá coma. Esta especie es parasitada en forma apreciable por Aphytis lepidosaphes Compere. En condiciones de escasez de agua o por ausencia del parásito se torna en plaga seria.

-Panonychus citri McG., arañita roja de los cítricos. No se han efectuado estudios sobre sus enemigos naturales, particularmente sobre posibles ácaros predadores. Con frecuencia se presenta como plaga seria, aparentemente asociada con aplicaciones de insecticidas para combatir otras plagas. Una particularidad de la arañita roja es la facilidad con que adquiere resistencia a los compuestos acaricidas.

-Unaspis aspidistrae (referida erróneamente en nuestro medio como U. citri), piojo blanco de los cítricos. Pco se conoce de los enemigos biológicos de esta plaga entre los que se encuentran algunos coccinellidos pequeños. En años recientes se nota el incremento de las infestaciones con graves daños, debiendo controlarse químicamente.

- c) Especies con control biológico deficiente.- Los parásitos y predadores de estas especies producen mortalidades relativamente pequeñas, insuficientes para mantener a las plagas a niveles sub-económicos. Normalmente es necesario el uso de otros métodos de control.

-Selenaspidus articulatus, queresá redonda o circular. En las áreas favorables para el desarrollo de esta plaga, los parásitos Aphytis chrysomphali Mercet y Aspidiotiphagus lounsburyi Berl. producen escasa mortalidad. Recientemente el Centro de Introducción y Crianza de Insectos Útiles (CICIU) ha introducido una nueva especie de Aphytis que parece promisoria. Esta plaga requiere del control químico.

-Toxoptera aurantii (Fonscol), pulgón negro de los cítricos; T. citricida Kirk, pulgón marrón; Aphis spiraeicola Patch, pulgón verde o de la Spiraea, y A. gossypii Glov., áfido del algodón. Los áfidos principalmente T. aurantii y A. spiraeicola infestan los brotes intensamente sin que se produzca un efectivo control de parte de sus numerosos enemigos naturales. Entre estos se encuentran las avispa Lysiphlebus sp., los coccinellidos Cymnus sp. y moscas Syrphidae.

-Phyllocoptruta oleivora (Ashmead), ácaro del tostado del fruto. No se han registrado enemigos naturales para esta plaga que causa graves daños en ciertas áreas.

-Ceratitis capitata Wied., mosca mediterranea de la fruta. Esta especie constituye una plaga grave de la mayoría de los frutales y la única especie de la mosca de la fruta que ataca a los cítricos en la Costa; sus daños son especialmente graves en el valle de Palpa donde parece ser favorecida por el dilatado período de fructificación o doble fructificación debido a las condiciones particulares de clima y riego. En los valles del Oriente, Huánuco y Chanchamayo, los cítricos son dañados por la mosca Anastrepha striata Schin. Todas las especies de moscas de la fruta carecen de parásitos importantes.

#### Cambios de Dominancia.-

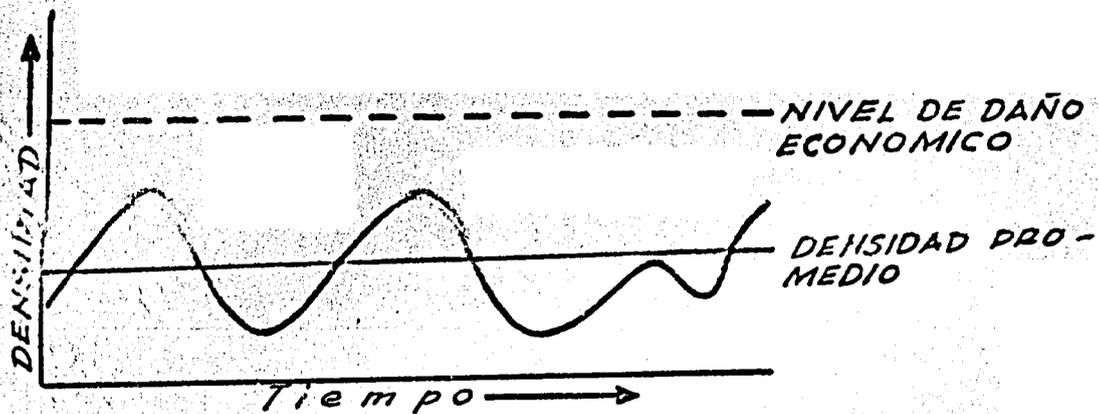
La categorización de las especies fitófagas es válida para un ecosistema agrícola determinado en que se dan normalmente los diversos factores físicos, biológicos y agronómicos que la caracterizan. La ocurrencia de cambios más o menos permanentes puede provocar cambios en la dominancia de las especies.

Cambios de variedades: La introducción de una variedad susceptible o por el contrario una variedad resistente a una determinada plaga puede cambiar la dominancia de las plagas. Así la introducción del Maíz Blanco Urubamba o sus derivados a los valles interandinos de Ancash ha hecho que el Heliothis zea se vuelva una plaga dominante. Lo mismo ocurre en la Costa si se cultiva maíz pardo en lugar de maíces híbridos para grano.

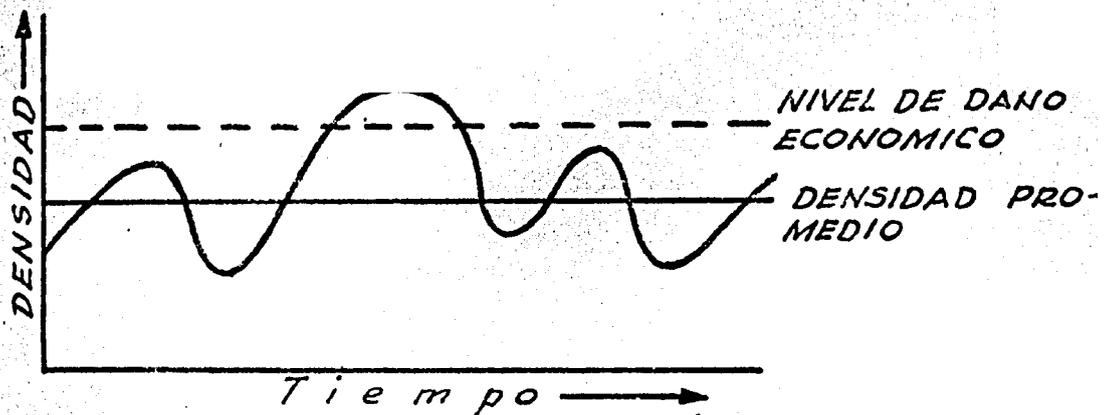
Cambios de prácticas agronómicas: El cultivo del arroz de secano en la Ceja de Selva tiene como dominante al Diatraea mientras que por la adaptación del cultivo en pozas bajo riego se pierde tal dominancia.

Introducción de enemigos naturales: Es bien conocido que la queresá negra del olivo, Saissetia oleae ha sido la plaga clave del algodón hasta fines de 1930, en que perdió su dominancia con la introducción exitosa de Metaphycus lounsburyi How. Lo mismo puede decirse de la queresá circular de los cítricos hasta la reciente introducción de

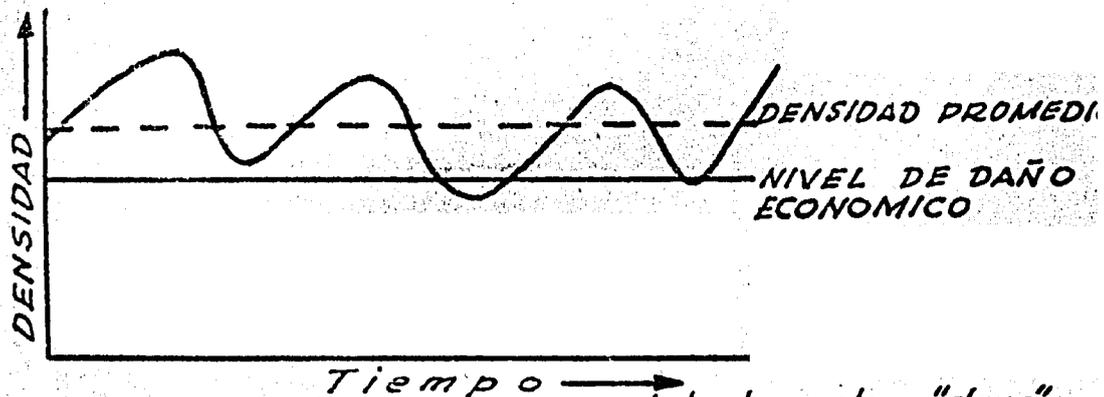
Destrucción de los enemigos naturales: Este fenómeno ocurre principalmente por el uso de pesticidas. Es ampliamente conocido que en las áreas citrícolas donde se usan insecticidas contra la mosca lanuda de los cítricos, la arañita roja de los cítricos suele ser la plaga dominante. Un ejemplo de cambio de dominancia ya clásico como consecuencia del uso de pesticidas en algodón son los niveles alcanzados por Argyrotaenia, Pseudoplusia, Planococcus, Pococera y Bucculatrix en los valles de Cañete, Pisco e Ica en la década del 50, especies que normalmente se presentan en poblaciones bajas en la Costa Central.



CASO "A": Población sin importancia económica

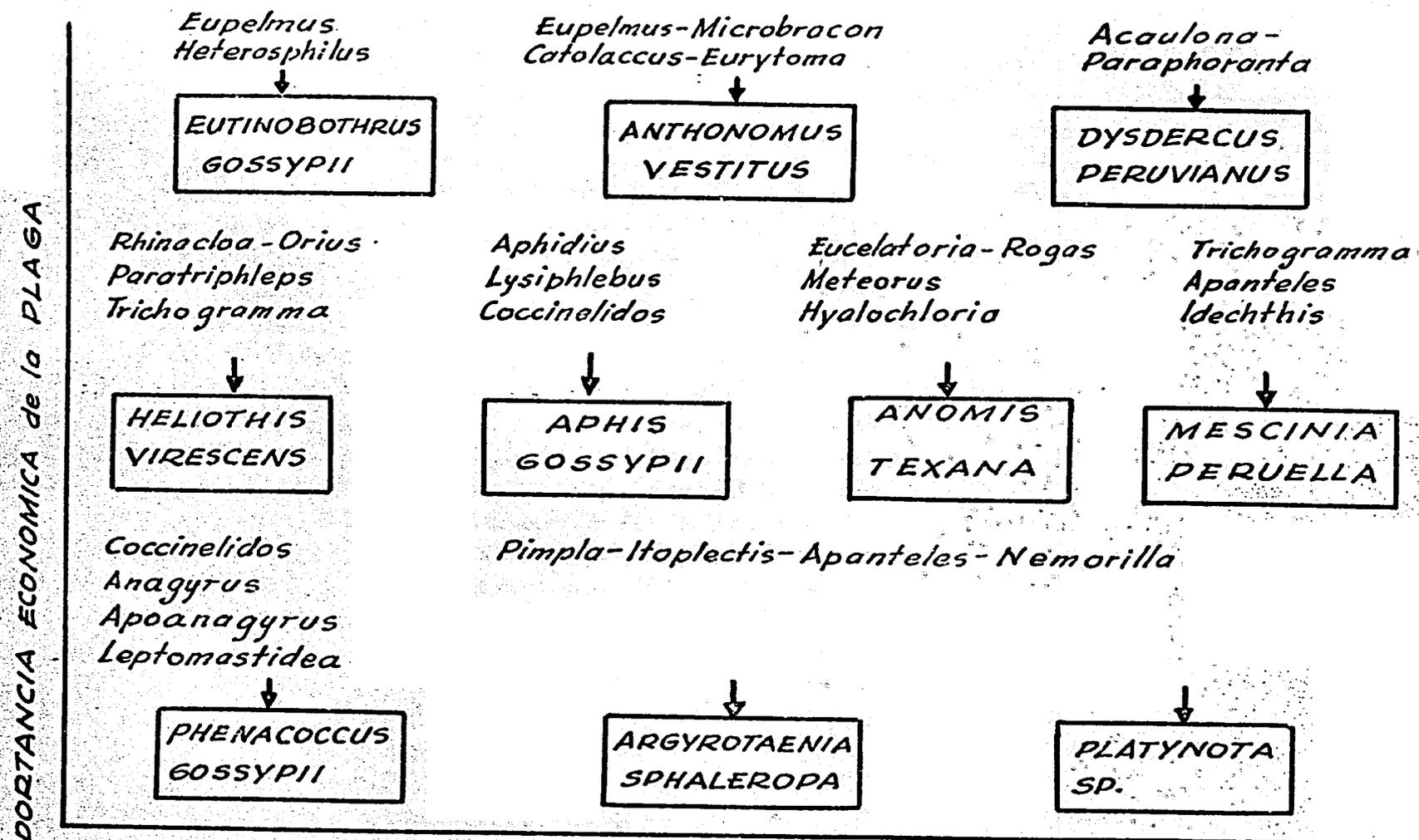


CASO "B": Plaga ocasional



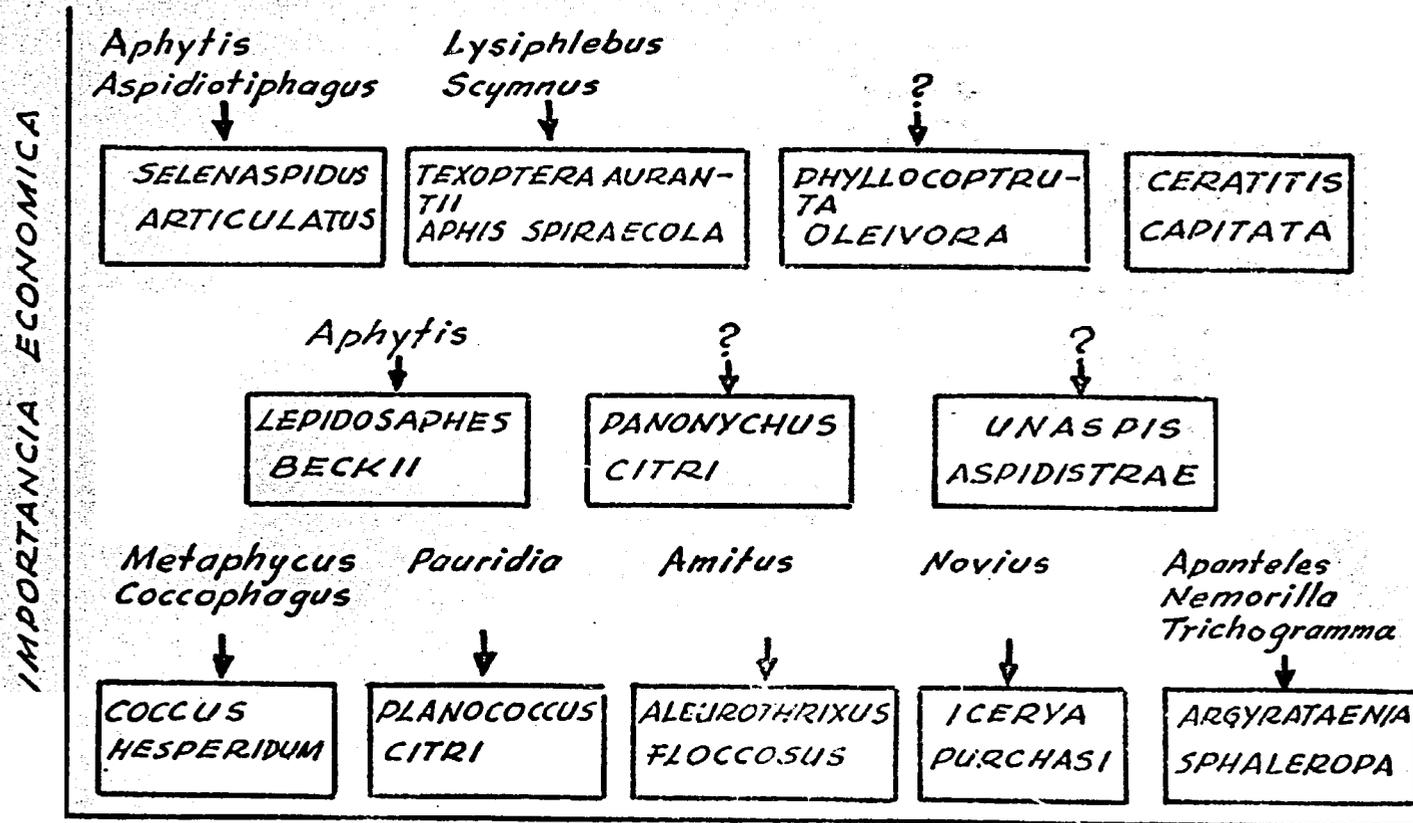
CASO "C": Plaga severa persistente o plaga "clave"

RELACIONES ENTRE LA DENSIDAD PROMEDIO DE EQUILIBRIO DE UN POBLACION, SUS FLUCTUACIONES Y EL NIVEL DE DAÑO ECONOMICO.



IMPORTANCIA ECONOMICA de la PLAGA

IMPORTANCIA RELATIVA DE FITOFAGOS EN ALGODONERO Y SUS ENEMIGOS NATURALES.



IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS FITOFAGOS EN UN HUERTO DE CITRICOS Y SUS ENEMIGOS NATURALES.

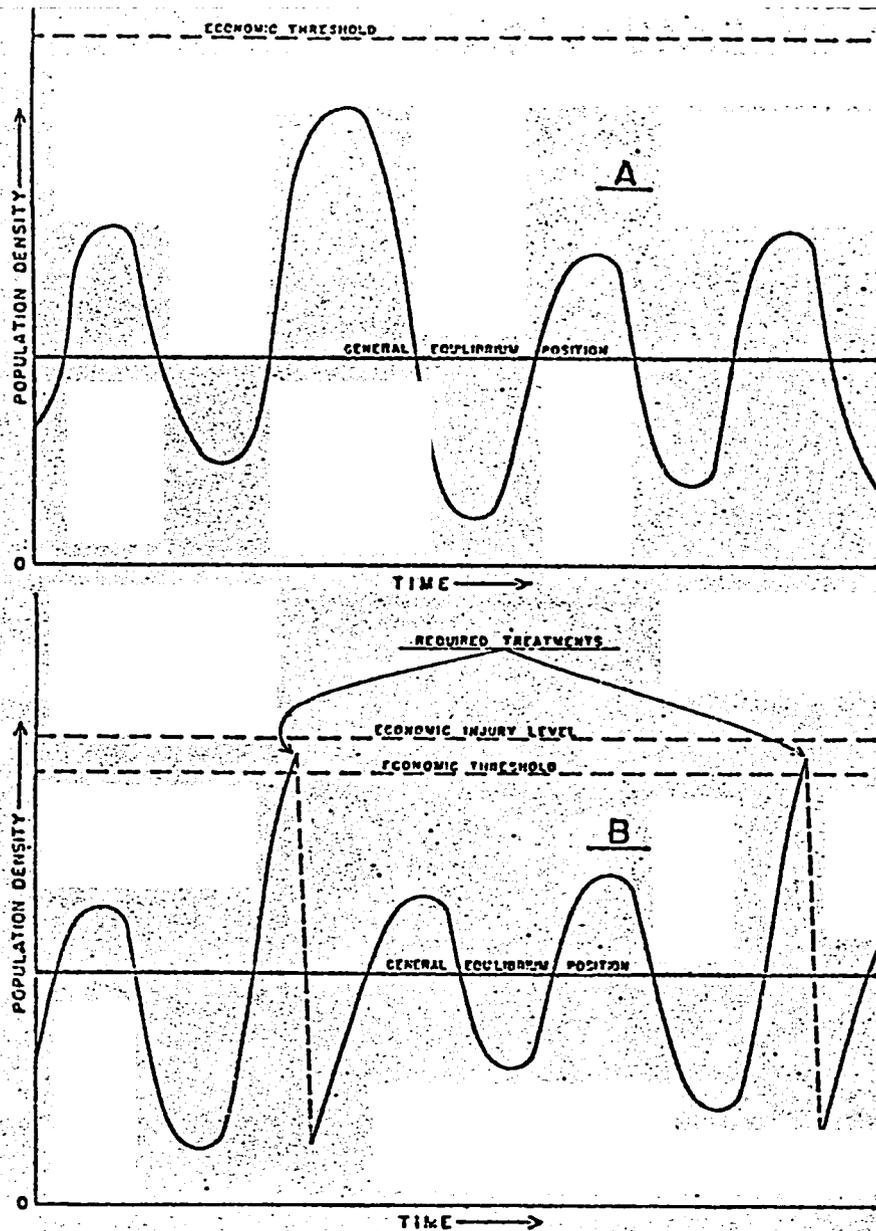
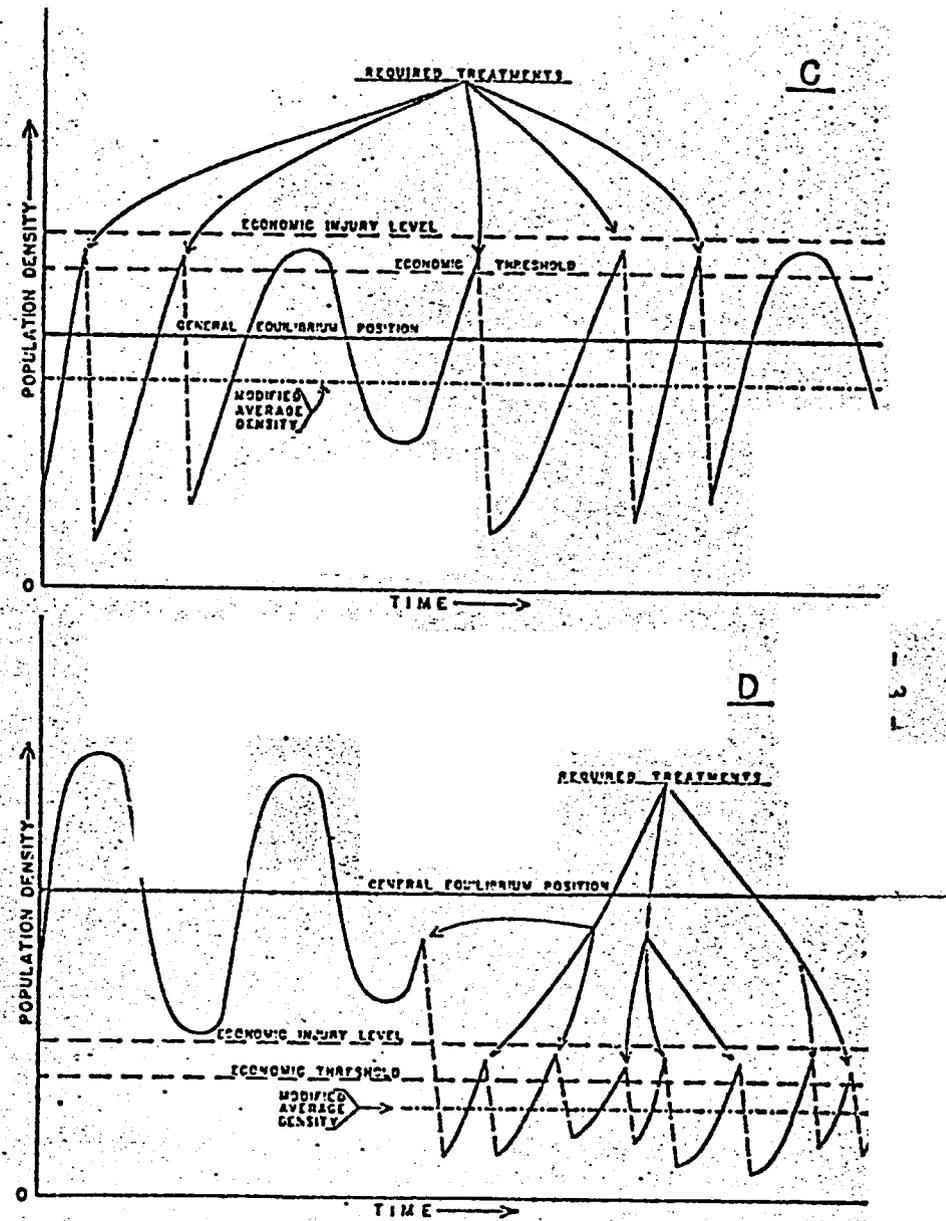


Fig. 4. Schematic graphs of the fluctuations of theoretical arthropod populations in relation to their general equilibrium position, economic thresholds, and economic-injury levels. A, Noneconomic population whose general equilibrium position and highest fluctuations are below the economic threshold, e.g., *Aphis medicaginis* Koeh on alfalfa in California. B, Occasional pest whose general equilibrium position is below the economic threshold but whose highest population fluctuations exceed the economic threshold, e.g.,



*Grapholita molesta* Busck on peaches in California. C, Perennial pest whose general equilibrium position is below the economic threshold but whose population fluctuations frequently exceed the economic threshold, e.g., *Lygus* spp. on alfalfa seed in the western United States. D, Severe pest whose general equilibrium position is above the economic threshold and for which frequent and often widespread use of insecticides is required to prevent economic damage, e.g., *Musca domestica* in Grade A milking sheds. (From Stern et al., 1959)

## NIVELES DE LIMITE Y DAÑO ECONOMICO

Donald J. Calvert  
Universidad de California  
Berkeley, California

### Introducción:

Se considera que el establecimiento y la determinación exacta de los niveles de poblaciones de plagas que pueden causar daño a bosques y cultivos agrícolas son pre-requisitos esenciales para el desarrollo de los programas de control integrado de plagas (Smith and Van den Bosch, 1967; - - Stern et al., 1959; Stern, 1966). Ante el desconocimiento del nivel de límite económico de una especie de plaga existe una gran incertidumbre, la cual puede llevar a tratamientos químicos innecesarios si ya están iniciadas las medidas profilácticas de control o a pérdidas innecesarias de cultivo si no se usan pesticidas. Así, la determinación del nivel de daño económico es crítica al definir el objetivo fundamental de cualquier programa de manejo de plagas.

### Terminología:

El concepto de establecer un nivel de daño.- tolerancia económica para una especie particular de plaga en un cultivo dado, surge de la consideración obvia de que la simple presencia de una plaga de insectos no es, necesariamente, prueba de que se producirá un daño económico. Esta relación entre la densidad y el daño de la plaga puede discutirse en los siguientes términos (después de Stern et al, 1959).

- 1.- Posición General de Equilibrio.- Esta es la densidad promedio de una población por un período largo de tiempo sin un cambio permanente en el ambiente. La dimensión del área comprendida y la duración del período de tiempo varían de acuerdo con las especies estudiadas. El nivel de daño económico puede estar sobre o bajo la posición general de equilibrio de la plaga.
- 2.- Límite Económico.- Esto se define como la densidad necesaria para que se apliquen medidas de control para prevenir que la creciente población de plaga pueda alcanzar el nivel de daño económico. El límite económico está siempre bajo el nivel de daño económico para dar tiempo suficiente a la iniciación de las medidas de control de manera que éstas puedan aplicarse antes de que la densidad de población de la plaga alcance el nivel de daño económico.
- 3.- Nivel de Daño Económico.- Stern et al (1959) definieron esto como la mínima densidad de población de una plaga que puede causar daño económico. Un estudio de la NAS (1969) sugirió que esta definición debería ser rectificada y que el término debería considerarse como la "densidad ... en la cual la pérdida causada por una plaga iguale en valor al costo de las medidas de control disponibles".

Como lo indica la Fig. 1, la densidad de población de una especie tiende a fluctuar sobre un nivel bastante estable (la posición general de equilibrio) por un período largo de tiempo sin cambio permanente en el ambiente. Estas fluctuaciones se producen por la interacción entre la tendencia natural de la población a multiplicarse y los componentes represivos bióticos y abióticos en el ambiente. Así, - -

mientras la densidad de población de la especie aumenta, la acción de los factores que dirigen la densidad en el ambiente se intensifican; mientras la densidad de población decrece, estos factores moderan sus efectos.

La importancia económica relativa de una especie particular de plaga se determina mediante la relación de su posición general de equilibrio al límite económico y la frecuencia y amplitud de fluctuaciones en su densidad sobre esta posición de equilibrio (Stern, 1966). Muchas especies de insectos se alimentan de cultivos sin siquiera alcanzar densidades lo suficientemente elevadas como para causar daño económico (Fig. 1A), por ejemplo, el áfido del targüi, Aphis craccivora Koch, en la alfalfa y la larva lanuda amarilla, Diacrisia virgínica (Fabricius), en el maíz. Otro grupo grande de insectos alcanza muy rara vez el status de plaga y, ocasionalmente, se llaman plagas. Las densidades de población de estas especies puede exceder a veces el nivel de daño económico debido a condiciones climáticas poco usuales o al uso imprudente de insecticidas (Fig. 1B), por ejemplo la Hyphantria cunea (Drury) y el gusano verde del trébol, Plathypena scabra (Fabricius), en alfalfa o soya.

Cuando el límite económico está cerca o debajo de la posición general de equilibrio, se necesitarán tratamientos químicos frecuentes para prevenir el daño al cultivo. Cuando el límite económico está sólo ligeramente sobre el nivel promedio de densidad de población de la especie de plaga, se requerirá el uso de pesticidas en casi todas las fluctuaciones ascendentes de población (Fig. 1C). Estas especies se consideran plagas perennes e incluyen plagas tan conocidas como la polilla gitana, Porthocria dispar (L.); el gorgojo del algodón, (Anthonomus grandis Boheman y el escarabajo de la papa de Colorado, Leptinotarsa decemlineata (Say). Un cuarto grupo de insectos tiene límites económicos bajo la posición general de equilibrio (Fig. 1D) y se clasifican como plagas graves. Este grupo de plagas requiere el uso regular y constante de pesticidas para producir un cultivo negociable. Ejemplos bien conocidos de este tipo de plagas son el gusano del manzano, Laspeyresia pomonella (L.) en manzanas y el gorgojo de la mazorca, Heliothis zea (Boddie), en el maíz dulce.

#### Causas del Cambio en el Status de una Plaga

Una especie particular puede alcanzar el status de plaga como resultado de un desplazamiento ascendente permanente en su posición general de equilibrio o debido a un inferior límite económico. Como resultado de la acción alteradora del hombre sobre sus habitat, ciertas especies de insectos aumentaron tremendamente sus densidades de población. Cuando el cultivo de la papa se extendió en los EE.UU., el escarabajo de la papa de Colorado se convirtió rápidamente en una plaga importante (Stern et al, 1959). Similarmente, la mariposa de la alfalfa, Colias philodice eurytheme Boisduval, se convirtió en una plaga económica después de la introducción de la alfalfa en California alrededor de 1850.

Otra forma en que se puede elevar la posición de equilibrio de una especie es mediante la transferencia de su ambiente nativo hacia un nuevo habitat donde los factores de mortalidad natural pueden estar ausentes o ser ineficaces. Existen numerosos ejemplos de especies de insectos que fueron relativamente inocuos en su habitat nativo; pero que más tarde se convirtieron en plagas importantes cuando fueron introducidas en una nueva región geográfica.

Una tercera causa para la elevación del status de la plaga ha sido el descenso de los límites económicos. Esto fue ilustrado por Stern et al. (1959) con el ejemplo de los chinches lygus en las habas. Anteriormente considerada como una plaga menor en este cultivo, esta especie se convirtió en una plaga grave porque la industria de alimentos congelados adoptó standars más rígidos de calidad en la apariencia del producto.

#### Determinación de Límites Económicos

El establecimiento de niveles de límite económico a menudo se ha basado en la evidencia empírica, por ejemplo, mediante observaciones repetidas y en la experiencia anterior del especialista en protección de cultivo. Sin embargo, unos cuantos límites económicos o "niveles de tolerancia" existen para cualquiera de nuestras plagas mayores de cultivo en agroecosistemas (Smith and Reynolds, 1966). Muchos de los niveles de tolerancia usados han sido desarrollados mediante técnicas empíricas que pueden reflejar un daño real causado por una plaga a un cultivo; pero a menudo no lo hacen. El reconocimiento de una especie de insectos o ácaros como una plaga se ha hecho, en su mayor parte, por el daño aparente o esperado a un cultivo en lugar de calcular las pérdidas en rendimiento y/o calidad del cultivo. Aún cuando algunos de los niveles arbitrarios limítrofes usados pueden ser bastante confiables, es sumamente importante que determinemos sistemáticamente los niveles exactos de tolerancia antes de que se desarrolle un acercamiento integrado al control de la plaga para cualquier sistema cultivo-plaga. Sin estos niveles tan sólo podemos sugerir medidas correctivas sin saber si son realmente necesarias.

Los límites económicos deben ser determinados primero para una o dos de las plagas claves que atacan un cultivo en particular. Una plaga clave es una especie que es una amenaza perenne y persistente al cultivo y que domina las prácticas de control químico. En ausencia de medidas de control, su densidad de población a menudo excede el límite económico una o más veces durante la temporada de crecimiento. La falta de un límite económico para plagas claves puede llevar fácilmente a tratamientos excesivos los cuales, a su vez, causan frecuentemente el surgimiento de plagas secundarias.

La valoración y evaluación del daño de una plaga a las plantas y el establecimiento de niveles de daño económico son muy difíciles en la práctica, debido al hecho de que muchas plantas pueden sufrir pérdida moderada de hojas, tallos, frutos o raíces antes de que el rendimiento del cultivo sea afectado. Además, casi todos los aspectos ambientales de un agroecosistema pueden tener alguna influencia significativa en el complejo de

la plaga y, por lo tanto, en el daño a la planta. (Smith, 1969). Por ejemplo, las variedades de arroz de labranza pesada pueden tolerar niveles moderados de barrenillos del tallo del arroz durante las etapas iniciales de crecimiento del cultivo sin pérdida en el rendimiento porque los reinos barrenillos se desarrollan rápidamente (Matsuzaki and Ohanato, 1966).

La relación entre las densidades de las plagas y su correspondiente daño a las plantas está rara vez, si alguna vez, perfectamente correlacionada como una función directa en línea recta. Algunos niveles de densidad de plaga y su consecuente daño a la planta no tienen efecto medible en el rendimiento del cultivo, mientras que otros niveles pueden tener un efecto benéfico, por ejemplo, mediante la temprana pérdida de partes de la planta; puede obtenerse mejores frutos en la cosecha. Smith (1969) presenta una discusión sobre los otros factores que influyen en los daños y las pérdidas de cultivo causadas por insectos.

Aún cuando un nivel provisional de límite económico puede establecerse sobre la base de la experiencia previa, este valor deberá ser revisado, reajustado con información adicional de observaciones posteriores y controlado-experimentos especialmente designados intentaran analizar el efecto de diferentes densidades de plagas en el rendimiento del cultivo. Ya que los estimados confiables de densidades de plagas son críticos para el establecimiento del límite económico, deben designarse correctamente las técnicas apropiadas de muestreo (Merritt, 1960; Strickland, 1961; and Southwood, 1966).

Para determinar una amplia proporción costo/beneficio, debe haber alguna pérdida medible en la cantidad y/o calidad del producto del cultivo. Un aspecto importante al tener rendimientos de parcelas tratadas y no tratadas es que éstos deben obtenerse del mismo campo y al mismo tiempo, con todas las otras variables permaneciendo constantes excepto por la aplicación de pesticidas (Stern, 1973). El número de muestras de rendimiento debe ser suficientemente numeroso y uniforme para los estudios de control y valoración de daños en las especies particulares que están siendo investigadas. Debe reconocerse, sin embargo, que el aumento en el rendimiento por la aplicación de un pesticida dependerá a menudo, del potencial del cultivo. Los cultivos de áreas de alto rendimiento y cultivos de gran valor darán una ganancia mayor por unidad sobre el costo de los pesticidas que los cultivos de áreas de bajo rendimiento o cultivos de poco valor. En ciertos casos, la protección del cultivo puede no justificar el gasto de un tratamiento con insecticida (Harris, 1969).

Obviamente, los datos de rendimiento obtenidos de experimentos conducidos en un tiempo y lugar en particular y bajo condiciones particulares no deben ser considerados como la verdadera relación con la respuesta de la planta bajo diferentes condiciones climáticas y diferentes regiones sin una investigación posterior (Stern, 1973). Los niveles de límite económico así determinados no son rígidos; necesitan ser modificados en términos de las condiciones climáticas locales, época del año, etapa de desarrollo de la planta, prácticas de cultivo, variedad de planta, etc. Por ejemplo, algunas especies son plagas cuando atacan un cultivo, pero no en otro.

En California, la larva del gusano del algodón, Heliothis zia, puede ser vista alimentándose de alfalfa, pero la población rara vez llega a ser lo suficientemente abundante como para causar daño económico. El límite económico del áfido del guisante, Acyrtosiphon pisum (Harris), en alfalfa varía con la etapa de crecimiento porque el efecto abstruccionista del áfido en la planta varía con el crecimiento de la alfalfa, por lo que las plantas más altas y más maduras pueden mantener una población mayor de áfidos que las plantas más pequeñas.

Otros factores que deben considerarse cuando se evalúan los límites económicos son la presencia de enemigos naturales, condiciones climáticas, la economía del agricultor y condiciones del mercado. Ya que el grado de parasitismo de la oruga de la alfalfa, Gottanipylus, por la braconídea Apanteles medusaginis Muesebeck, puede ser determinado fácilmente a simple vista, sólo se cuentan las larvas no parasitadas cuando se toman muestras. Por el lado económico, la severidad de la defoliación puede ser una consideración importante cuando los precios en el mercado no son lo suficientemente altos como para pagar los costos de cosecha y embarque de ese cultivo.

#### Conclusiones:

Para la mayoría de las especies de plagas, hay poca información que pueda ser usada por los especialistas en protección de cultivos para indicar la densidad de plaga que requiere tratamiento para prevenir daño en el cultivo. Esta falta de conocimiento sobre la proporción tratamiento/densidad de plaga ha llevado incontestablemente a frecuentes errores al juzgar y a la aplicación de medidas de control inadecuadas. El criterio para esta situación se sitúa en el establecimiento de límites económicos válidos. Mediante la comprensión de la relación entre los niveles de infestación de plaga y pérdida de cultivo se elimina gran parte de la incertidumbre comprendida en la toma de decisiones sobre control de plagas. La incorporación de límites económicos en los programas de manejo de plagas ayudaría a optimizar el uso de pesticidas y, al mismo tiempo, reduciría el uso indiscriminado de estos pesticidas que surge del descuido de estos niveles.

#### Bibliografía

- Harris, K.M. 1962. Lepidopterous stem borers of cereals in Nigeria. Bulletin Entomological Research, 53:159-171.
- Morris, R.F. 1960. Sampling insect populations. Ann. Rev. of Entomol., 5:243-264.
- Munakata, K. and D. Okamoto. 1966. Symposium on the major insect pests on rice. John Hopkins Press, Baltimore, Maryland.
- National Academy of Sciences. 1969. Insect Pest Management and Control. Vol. 3 of Principles of Plant and Animal Pest Control. U.S. National Academy of Sciences Publication 1965. 508 pages.

- Smith, Ray F. 1969. The importance of economic injury levels in the development of integrated pest control programs. Qual. Plant. Mater. Veg 17:81-92.
- Smith, R.F. and H.J. Reynolds. 1966. Principles, definitions, and scope of integrated pest control. Proc. FAO Symposium Integrated Pest Control. 1:11-17. October 11-15, 1965. Rome, Italy.
- Smith, Ray F. and Robert van den Bosch. 1967. Integrated Control. In: Pest Control - Biological, Physical, and Selected Methods. W.W. Kilgore and R.L. Doutt, eds. Academic Press, New York. 477 pages.
- Southwood, T.R.E. 1966. Ecological Methods. Chapman & Hill, London 391 pages.
- Stern, V.M. 1966. Significance of the economic threshold in integrated pest control. Proc. FAO Symposium Integrated Pest Control. 2:41-56. October 11-15, 1965. Rome, Italy.
- Stern, Vernon M. 1973. Economic Thresholds. Ann. Rev. Entomol. 18:259-280.
- Stern, Vernon M., Ray F. Smith, Robert van den Bosch and Kenneth S. Hager. 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. Part I. The integrated control concept. Hilgardia, 29(2): 61-101.
- Strickland, A.H. 1961. Sampling crop pests and their hosts. Ann. Rev. Entomol. 6: 201-220.

## EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD DE POBLACIONES DE INSECTOS

Michael E. Irwin  
Profesor Asistente de Entomología Agrícola y del Programa Internacional  
de Soya (INTSOY), Universidad de Illinois e Inventario de Historia Natu  
ral de Illinois.

### CONTENIDO

I.	Introducción.....	3
II.	Definiciones.....	5
III.	Relación entre la densidad de población, Daño a la planta, Reduc ción en rendimientos y nivel de daño económico.....	6
IV.	Evaluación de densidades de poblaciones para tomar decisiones...	8
V.	Muestreo: Tamaño de unidad, oportunidad y número.....	11
VI.	Técnicas de muestreo de especies en los Agroecosistemas.....	11
	A. El habitat del suelo.....	12
	B. La Interfase suelo-aire.....	13
	C. El habitat planta.....	13
	1. Métodos absolutos de muestreo.....	13
	2. Método de la redada.....	14
	3. Método de la tela en el suelo.....	14
	4. Método de succión por aparatos.....	15
	5. Otros métodos.....	16
	D. El Habitat del aire.....	17
	1. Trampa de succión.....	18
	2. Trampa rotatoria.....	18
	3. Trampa Malaise.....	18
	4. Trampa de ventana.....	18

5. Trampa pegajosa.....	18
6. Trampas de agua.....	19
7. Otros dispositivos de atracción (trampas de luz,etc)	19
VII. Conclusión.....	19
VIII. Literatura Citada.....	20

## Introducción

Ruesink y Kogan (1975) afirmaron que, "El manejo de plagas moderno no puede operar sin estimados cuidadosos de la densidad de las poblaciones de plagas y de los enemigos naturales, o sin evaluaciones reales del daño 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 lógicamente dividida en dos tipos: aquella exigida para la investigación y aquella exigida para tomar decisiones en la ejecución de programas de manejo de plagas.

La evaluación con fines de investigación básica requiere de estimados precisos 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 de tiempo entre la obtención de los datos y su procesamiento, los dedicados al 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, estimados de niveles de población para decisiones de manejo son suficientes para conducir el programa de manejo de plagas.

Ruesink (1975) ubicó al estimado 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 el estimado 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, debe considerarse ambos aspectos de la evaluación de la población, los dirigidos a la investigación como aquellos dirigidos al manejo.

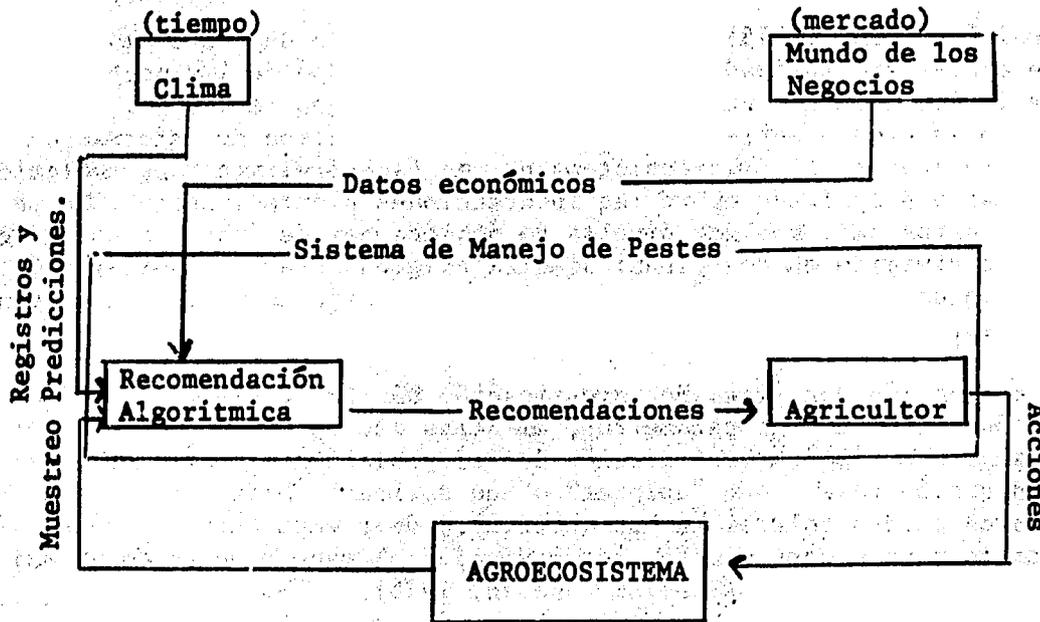
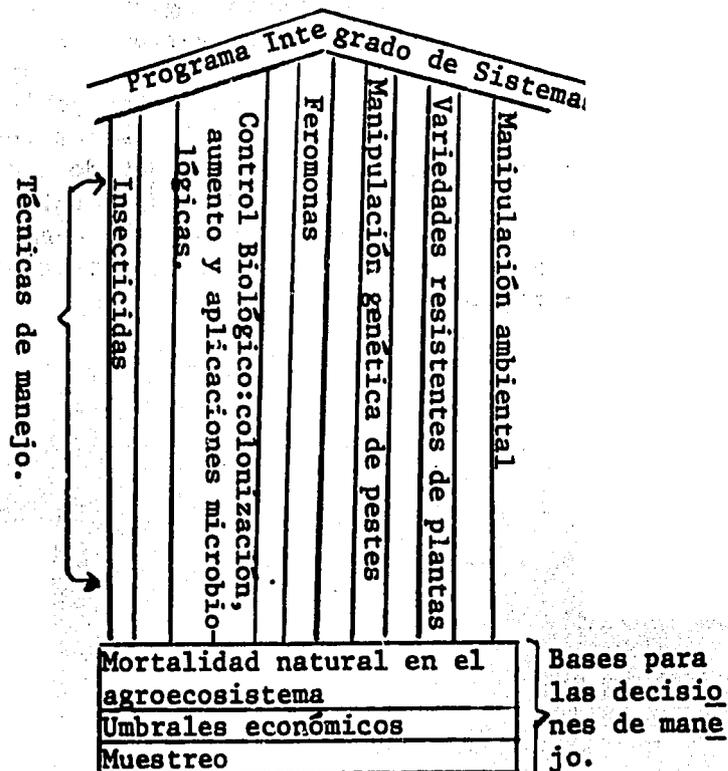


Figura 1.- Representación diagramática de un sistema de manejo de plagas en ejecución (Ruesink, 1975).

González (1970) coloca al muestreo en una posición análoga a los cimientos inferiores de la construcción de un edificio. Procedimientos objetivos 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 describiendo el desarrollo de un programa de manejo de plagas análogo a la construcción de una casa (González, 1970)



### Definiciones

Muchas de las definiciones aquí presentadas 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 a la planta inducido por el insecto.

Status de peste.- Los insectos herbívoros (consumidores primarios) caen dentro de 3 categorías de pestes dependiendo sobre todo de la cantidad de pérdida en la cosecha que ellos causan y del costo para evitar tales pérdidas: Pestes claves, Pestes ocasionales y Pestes potenciales.

Pestres Claves.- Aquellos insectos que son plagas de ocurrencia permanente, persistentes y severa. Estas especies dominan las prácticas del control químico.

Pestres 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 ocasionalmente alterados.

Pestres potenciales.- Aquellos insectos, que en condiciones normales, no causan una pérdida significativa en la cosecha, pero que cuyas poblaciones podrían superar los niveles de daño económico debido a las perturbaciones provocadas por los pesticidas químicos, dirigidos contra las pestres claves u ocasionales. Estas sustancias químicas pueden causar una muerte masiva de los agentes del control biológico que mantenían a las poblaciones de las pestres potenciales por debajo de los niveles suficientes para causar pérdidas en la cosecha.

Pestres indirectas.- Insectos plagas 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.

Pestres directas.- Insectos plagas que afectan partes de la planta que constituyen el producto de la cosecha, tales como los chinches picadores que alimentan de las semillas de la soya.

Pestres objetivo.- Insectos peste que son considerados aisladamente para el muestreo o tratamiento, a menudo coincide con la peste clave.

Nivel de daño económico.- La densidad de la población de la peste que causaría suficiente pérdida en la cosecha como para hacer su control económicamente deseable. Debajo de éste, el costo de 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 control, con un resultado económica-

mente 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 alas condiciones laborales y del mercado (NAS, 1969).

Umbral económico.- Es la densidad a la cual deben de iniciarse las medidas de control a fin de evitar un incremento en la población peste 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 control y para que estas medidas tengan efecto antes de que la población alcance el nivel de daño económico (Stern et al. 1959).

Relación entre la Densidad de la Población Plaga, el Daño a la Planta, la Reducción del Rendimiento y el Nivel de Daño Económico

El daño al cultivo por los artrópodos es una función de la densidad de la peste, 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 pestes. Las principales razones para hacer evaluaciones de pérdidas de cosecha en el manejo de pestes son: (1) definir el status económico de una especie peste 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 pestes directas. El número de manzanas dañadas en un barril pueden ser fácilmente convertidos 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 pestes indirectas son generalmente establecidas al comparar el rendimiento de 2 grupos de plantas que crecen bajo casi condiciones uniformes, sometiendo a un grupo al ataque por una densidad de la población del insecto conocida y al otro manteniendolo libre del ataque. Se obtienen diferentes niveles de ataque mediante la simulación de daño de densidades de poblaciones de insectos, infestaciones artificiales, el aislamiento de plantas en jaulas de campo, eliminación mecánica o química de las pestes, y, más comúnmente en estaciones 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 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 de - follaje que el necesitado y hay períodos cuando la planta puede soportar

una defoliación mucho mayor, sin reducciones significativas en el rendimiento (Bellotti 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 2 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 2 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 pestes 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 pestes, una combinación de la densidad de población y el grado de daño se usan para evaluar la necesidad de una acción de control. Un relativo alto grado de daño (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 esta sobre el tope) y el daño ha alcanzado un estado económico se deben iniciar las acciones de control. 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 por ciento de defoliación entre la floración y el llenado de la vaina y 30% de defoliación entre el llenado de la vaina y la madurez de la cosecha (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 un estimado 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 pestes, especialmente cuando 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 peste. Los agricultores a menudo preguntan ¿qué se debería hacer cuando el cultivo es afectado por las espe-

cies 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 antagonicos?. Estas preguntas son básicas para el desarrollo de un sistema efectivo de manejo de pestes integrado y aún ellas han recibido bastante poca atención. Por lo tanto la técnica experimental establecida exigida para la investigación sobre umbrales económicos para complejo de pestes no ha sido desarrollada. Un importante esfuerzo en la investigación es necesario 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 estos no pueden ser usados efectivamente en un manejo integrado de pestes. 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 pestes puede ser desarrollado alrededor de tales observaciones primarias; los umbrales pueden ser luego refinados en la medida que se dispone de información adicional".

#### Evaluación de las Densidades de Poblaciones para la Toma de Decisiones

Para los propósitos de la toma de decisiones en un programa de manejo de pestes, no es práctico tratar de muestrear la Biota del agroecosistema. Lo más sensato es muestrear como objetivo las pestes claves u ocasionales durante los estados de crecimiento del cultivo a través del cual ellas pueden potencialmente infringir un daño económico. Como un ejemplo, se podría iniciar un programa de muestreo para Nezara viridula (chinche picador que ataca las vainas y semillas) sólo después que los frutos empiezan a desarrollar, mientras que el muestreo de la "larva de semillas" (Delia platura) (Mosca Anthomyidae que ataca las semillas de soya en la germinación) se muestrea sólo durante las primeras dos semanas después de la siembra. Ver el trabajo "Insectos pestes de la soya en el Perú" para una explicación más detallada en relación al muestreo en el ecosistema de la soya.

Hay muchos tipos de pestes que atacan a un cultivo. Las hay aquellas cuyas larvas barrenan dentro de tallos o troncos, o cuyos huevos son puestos dentro del tejido de la hoja; hay aquellos que viven entre la interfase suelo-aire y se alimentan de raíces y pelos radiculares; las hay aquellas que mastican hojas y están expuestas; hay otras que llevan patógenos de plantas y pueden normalmente no colonizar al cultivo. Hay plagas que viven en el extremo superior del follaje; hay otros que habitan los estratos inferiores de las hojas. En efecto, algunas especies de pestes migran hacia arriba y abajo de una planta, dependiendo de las condiciones climáticas. Todo esto debe ser tomado en cuenta cuando se diseña un programa de muestreo.

No se puede prescribir un procedimiento generalizado para examinar la fauna insectil de un ecosistema como un todo. Las técnicas de muestreo

deben tomar ventajas de las características del comportamiento de la especie objetivo y debe ajustarse al estado de desarrollo de la planta durante el período de muestreo. El método usado debe depender principalmente del microhabitat ocupado por el estadio de la peste objetivo. Si se alimenta dentro de brotes, tal vez la apertura de los brotes sea el mejor sistema de muestreo. La mayoría de los procedimientos de muestreo para los campos de soya emplean ya sea la técnica de la red de golpeo o de la tela en el suelo (Turnipseed y Kogan, 1976).

Las técnicas de muestreo pueden dividirse en métodos absolutos y relativos. Los métodos absolutos proveen datos sobre los que se pueden basar estimados casi precisos del número de insectos por unidad de área. Este tipo de técnica es más a menudo empleada por ecólogos de poblaciones especialmente para elaborar tablas de vida y estudios de dinámica de poblaciones de campo que no pueden ser enjauladas. Son a menudo usados para validar y correlacionar los métodos de muestreo relativo. Los métodos absolutos más comunmente empleados exigen que cada insecto, en una unidad dada o habitat, sea capturado, identificado y contado.

Los métodos de muestreo relativo intentan capturar una consistente, si bien desconocida, porción de la población en una unidad dada del habitat. Los métodos relativos tienen una gran ventaja sobre los métodos absolutos en que ellos rinden más datos por unidad de tiempo y trabajo - (Ruesink y Kogan, 1975).

Southwood (1966) nomina 5 factores que pueden simultaneamente afectar la captura en cualquier método relativo: (1) la densidad presente o tamaño de la población, (2) el número de animales en una fase particular, (3) el nivel de actividad, (4) eficiencia del método relativo que se usa, (5) respuesta de un sexo en particular y de la especie al estímulo de captura (incluye atracción y evitamiento).

Aún sin poderse convertir los estimados relativos a densidades absolutas, los datos obtenidos por estos métodos pueden ser altamente útiles. Por ejemplo, la captura de una red de golpeo puede proveer estimados de los cambios en una población anual en especies univoltinas, al comparar la captura por golpeo en 2 años. No es necesario conocer la densidad por unidad de área (Ruesink y Kogan, 1975).

Los métodos relativos pueden ser agrupados en 2 amplias clases: la captura por unidad de esfuerzo y el trampeo. El primero incluye (1) observación visual por un tiempo fijo o área, (2) red de golpeo, (3) aparato de succión, y (4) métodos de tela sobre el suelo. El segundo incluye (1) trampas Malaise, (2) trampas de ventana, (3) trampas de caída para suelo (pitfall), (4) trampas pegajosas, (5) trampas visuales y (6) trampas que usan atractantes. La selección del mejor método para un problema específico, requiere tomar en consideración todas las opciones -- (Ruesink y Kogan, 1975).

Hay aún otro modo importante de estimar la abundancia. Esto es por índices de la población: estimados basados en productos (es decir, residuos, exuvias, telas de arañas, nidos) y efectos (por ejemplo orificios

de emergencia, puntuaciones de oviposición, agallas, defoliación, muerte regresiva del tallo, y rendimiento). Los índices de defoliación son usados intensivamente en el manejo de las plagas de la soya.

En operación, muchos programas de manejo de plagas no exigen estimados exactos de la densidad de la población, pero si requieren la categorización de la densidad de la plaga y posiblemente de ciertos enemigos naturales, en clases. Un sistema hipotético simplificado de manejo para un cultivo con una sola plaga y un predador importante es típico de la clase de recomendaciones que podrían hacerse para defolios en un cultivo, antes de la floración. El único momento en que se recomienda una alta dosis de insecticida es cuando las plagas se han escapado numericamente de los predadores. En la relación intermedia predador-plaga se sugiere un tratamiento correctivo, mientras que en proporciones favorables no se requiere de tratamientos (Figura 4) (Ruesink y Kogan, 1975).

La exitosa operación de tal sistema de manejo depende de cuan capaz sea uno para clasificar rápida y eficientemente las poblaciones como alto, medio o bajo. Para esto, la técnica de muestreo secuencial es insuperable.

		Densidad de la Peste		
		Baja	Media	Alta
Densidad del Predador	Baja	No haga nada	Aplicar 4 oz. de X	Aplicar 16 oz. de Y
	Media	No haga nada	No haga nada	Aplicar 4 oz. de X
	Alta	No haga nada	No haga nada	No haga nada

Figura 4.- Cuadro de un programa simplificado de manejo de plagas (Ruesink y Kogan, 1975).

El concepto de muestreo secuencial es el siguiente. Supongamos que debemos decidir si la densidad de población en un determinado campo está por encima o por debajo del nivel crítico de 60 larvas por metro de surco. Si los primeros promedios de unas pocas muestras da 3 ó menos, luego, muy probablemente no serán necesarias más muestras para concluir que la densidad es menos de 60. Si el promedio es 150 o más podemos concluir con confianza que la densidad excede 60. Pero si las primeras muestras promedian cerca de 60, será necesario obtener más muestras para tomar una decisión (Ruesink y Kogan, 1975).

Es posible que el muestreo pueda continuar indefinidamente cuando se usan planes secuenciales no rigurosamente fijados. El procedimiento standard está para indicar en la tabla un punto en el cual el muestreo debería detenerse aún si la población no ha sido colocada en una de las clases. Generalmente esto se ha hecho simplemente haciendo terminar la

tabla en el máximo valor de  $N$ . En nuestro ejemplo, si un total de 144 larvas se han tomado después de 10 muestras, nos habríamos detenido, y dicho que la población cae entre ligera y media. (Ruesink y Kogan, 1975).

#### Muestra: Unidad de Tamaño, Momento y Número

Southwood (1966) ha revisado críticamente el tamaño de la unidad de muestreo y el momento de la toma de muestra. Puesto que la densidad de la población fluctúa, Southwood cree que la determinación precisa del tamaño óptimo de la unidad de muestreo no debería ser obligatoria. Sin embargo, el momento del día en que la muestra se toma puede afectarlos considerablemente. El ritmo diario diurno de los insectos puede hacer que se movilen de una parte del habitat a otro. Muchos insectos de campos de gramíneas se mueven hacia arriba y abajo en la vegetación, no sólo como respuesta a cambios en el tiempo climatológico, sino también a ciertos momentos del día o de la noche y durante el día, una gran proporción de los insectos activos pueden estar movilizándose en el aire. Es por tanto, importante que el muestreo sea conducido al mismo momento cada día.

El número de muestras a tomarse presenta otras interrogantes. Anteriormente hemos discutido el muestreo secuencial como una alternativa, pero la pregunta va más allá. Juega alrededor de los recursos con que se cuenta (la mano de obra disponible para tomar y procesar la muestra) y con cuanta precisión se requieren los datos resultantes. Para la toma de decisiones en el manejo, tal como fue mencionado previamente, es necesario determinar si la densidad de una población excede un umbral dado. Las técnicas de muestreo relativo son casi siempre usadas para este propósito. El número de unidades de muestreo necesarias puede ser expresado en la forma de un gráfico que plotea el error standard de la media sobre la media ( $s_{\bar{x}}$ ) contra el número promedio por muestra ( $\bar{x}$ ). Dependiendo de la precisión que se desea y sobre todo del número por muestra, el número de muestras puede ser así determinado (Figura 5).

#### Técnicas de Muestreo de una Especie en el Agroecosistema

Para muestrear una especie dada, debe de conocerse algo de su biología ¿Qué parte de su ciclo de vida debe ser muestreada? ¿Donde vive el estadio (microhabitat)? ¿Cuán bien puede ser muestreado (con máxima precisión y mínimo esfuerzo)?.

Southwood (1966) ha hecho una amplia categorización de varios métodos. Ruesink y Kogan (1975) han hecho lo mismo, pero en menor grado. No intento incluir todo en este trabajo, pero trataré de incidir en los diferentes aspectos del muestreo que los considero podrían ser de mayor importancia para Uds. para la toma de una decisión final en un programa de manejo de pestes.

En principio, hay cuatro grandes habitats que pueden ser muestreados en un agroecosistema: el suelo, la interfase aire-suelo, la planta y el aire. Las raíces de las plantas y el rastrojo, por conveniencia son tratados como parte del habitat del suelo.

### El Habitat del Suelo

La principal técnica usada para el muestreo del agroecosistema del suelo es la remoción de una unidad de volumen del suelo a una profundidad deseada y la extracción de la fauna que ella contiene. La profundidad de la muestra dependerá sobre todo de las especies a ser muestreadas. Por ejemplo si se van a muestrear huevos de Ceratomya trifuncata es suficiente una profundidad de 7 cm. (Waldbauer y Kogan, 1973). Sin embargo, los huevos de Diabrotica spp. se han registrado a profundidades de 20 cm. y otros huevos de Chrysomelidae hasta 115 cm. (Mail y Salt, 1933). Generalmente se usa un simple muestreador cilindrico para la muestra de suelo, a fin de asegurar la muestra (Figura 6). La extracción de las especies de insectos que se desean y el estadío es otro asunto. Para huevos, el separador de huevos de Illinois es ideal y recupera cerca del 90% de los huevos de Ceratomya por muestra (Figura 7).

El lavado de las muestras seguido por la selección y/o el flotamiento es otra alternativa común para la selección manual. Este método es particularmente útil para separar insectos pero no trabaja tan bien para muestras de materia orgánica o muestras de suelo que contienen mucha vegetación (Ruesink y Kogan, 1975). Para larvas activas, ninfas y adultos en materia orgánica, el embudo Berlese es a menudo más práctico (Figura 8). Una fuente de calor se coloca por encima de la muestra y los insectos se mueven alejándose del calor (y de una condición más seca) hacia un frasco de alcohol. Este método depende del comportamiento del insecto y obviamente no sirve para evaluar individuos muertos o para faunas inmóviles. La proporción de secado es muy importante. Si es demasiado lenta, los individuos pueden mudar (o aún empupar), antes de ser extraídos, y cada muestra mantendrá ocupado el embudo por un tiempo innecesariamente largo. Y demasiado rápido, los individuos morirán por el calor y baja humedad antes de que sean capaces demoverse a través de la muestra hacia el frasco (Ruesink y Kogan, 1975). La selección a mano y el colado requieren de tiempo, pero proveen tal vez de datos más precisos para la mayoría de tipos de muestreo. De nuevo esto depende del tamaño y comportamiento de la especie que es muestreada.

Los índices de la población son a menudo obtenidos más rápidamente y generalmente suficientes para una toma de decisión. Algunos ejemplos citados por Ruesink y Kogan (1975), son los siguientes:

Estudios extensivos sobre el efecto de la alimentación de insectos sobre raíces fueron llevados a cabo con el complejo de larvas comedoras de raíces del maíz. Entre las técnicas usadas para evaluar el daño al sistema radicular están: (1) la cantidad de daño causada a todo el sistema radicular; (2) el porcentaje de nudos debajo de la superficie del suelo que han recibido daño; (3) porcentaje de raíces podadas en el primer y segundo nudo por debajo de la superficie del suelo que han recibido daño; (3) porcentaje de raíces podadas en el primer y segundo nudo por debajo de la superficie del suelo. Las medidas indirectas usadas: (1) la fuerza necesaria para extraer la planta del suelo, y (2) la proporción de daño basada en las plantas caídas.

La técnica de extracción vertical usa un gancho que es unido a una planta de maíz cortada y a un dinamómetro que registra unas 1000-lb. de capacidad (Figura 9). La fuerza de extracción esta altamente correlacionada con la proporción de raíz dañada en el maíz observado. Los factores del suelo pueden influenciar grandemente esta medida. La técnica ofrece la gran ventaja de proveer datos cuantitativos libres del prejuicio del observador.

En caña de azúcar se observó que los rendimientos de azúcar decrecían en la proporción de aproximadamente 1% por cada 1% de entrenudo perforado por el barrenado de la caña Diatraea saccharalis. Se calculó que el 1% de entrenudos dañado causaba una pérdida de peso que fluctuaba de 0.38 a 0.54% de acuerdo con la variedad.

#### La Interfase Aire-Suelo

Los insectos que merodean por la superficie del suelo pueden ser muestreados más fácilmente mediante trampas de caída (Fig. 10). Se pueden muestrear especies como colembolas, arañas, cienpies, grillos, escarabajos del suelo. Cuando se usan sin cebos capturan por caídas accidentales dentro de la trampa; cuando tienen cebos, atraen individuos que se hallan a considerable distancia. Estudio sobre la eficiencia de las trampas del suelo demuestran que son de poco valor para la estimación directa de poblaciones o para la comparación de comunidades. Sin embargo, estas trampas pueden ser usadas para estudios y ritmos diarios de actividad, incidencia estacional y dispersión de una sola especie en un habitat dado (Southwood, 1966).

Los animales que caminan pueden también ser capturados por trampas pegajosas, bandas colocadas alrededor de troncos de árboles y láminas de vidrio puestos sobre el suelo, se ha encontrado que las trampas de vidrio capturaban un número suficiente de colembolas y otros animales (Southwood, 1966).

#### Habitat de la Planta

El habitat de la planta es donde la mayoría de las especies pestes viven y es así, el más importante de todos los habitats para muestrear. Hay 4 métodos principalmente usados en el muestreo de los cultivos de surco.

El método absoluto de muestreo de una unidad de habitat.— Ya sea un área de superficie del suelo incluyendo la vegetación, o una planta o parte de la planta como unidad de muestreo. Como se mencionó anteriormente, la unidad de la superficie del suelo y la vegetación incluido es generalmente usada para convertir métodos relativos en estimados absolutos.

Las partes de la planta son a menudo muestreadas en su totalidad, por ejemplo, hemos diseñado un plan de muestreo para los thrips de la soya Sericothrips variabilis.

Sabemos que los thrips inmaduros prefieren las hojas del 4° hasta el 6° de los nudos más superiores y por lo tanto sugerimos que se examinen todas las hojas, ya sea visualmente o por remoción y que el número sea contado (Irwing et al 1978) (Fig. 5-5). Esto da un número absoluto por hoja en un estrato dado en el follaje; pero no puede en este momento, ser convertido en un estimado absoluto, por ejemplo cantidad por hectárea.

El método de golpe de red.- Este es el método más usado para obtener estimados relativos de la densidad de poblaciones de plagas de cultivos de pequeños granos, forrajes y cultivos en surco. Esto se debe a que no hay otro método que pueda capturar tantos insectos por hombre/hora con un equipo de tan bajo costo y poco daño para el cultivo. La eficiencia de la red de golpeo varía con (1) diferentes especies, (2) diferentes habitats, particularmente la altura de la vegetación (3) diferente clima, particularmente velocidad del viento, temperatura del aire e intensidad de la radiación solar, (4) diferentes momento del día, reflejando los ciclos diarios de comportamiento de la especie, (5) diferentes tipos o estilos de golpeo. (Ruesink y Kogen, 1975).

La utilidad de los datos de la redada puede ser notablemente mejorada estandarizando los detalles y registrándolos de 1 a 4 veces por cada muestra tomada. Las diferencias en captura entre varios muestreadores se pueden minimizar si el estilo de manejo de la red es restringido de la siguiente manera: (1) Use un movimiento de péndulo, como si estuviera limpiando la vereda con una escoba (2) en vegetación corta mueva la red tan bajo como sea posible sin tomar demasiada suciedad al interior de la red, (3) barra de un golpe por paso mientras camina al azar (4) use una red que tenga un diámetro de 30 cm. en la abertura (Ruesink y Kogan, 1975).

Método de la tela en el suelo.- Este método de muestreo consiste en hacer caer a los insectos de la planta sobre un pedazo de tela extendida en el suelo en la base de la planta, de modo que puedan ser colectados y contados. El método de la tela no puede ser usada para muestrear insectos que reaccionan escapando rápidamente o que fingen estar muertos, cuando son perturbados. Es, sin embargo, un método excelente para larvas de Lepidoptero que se mueven lentamente, escarabajos de la hoja, chinches (particularmente ninfas), chinches predadores y otros insectos con reacciones lentas al escapar. Se está convirtiendo en la herramienta básica del muestreo, en el manejo de pestes, para insectos que habitan en la planta externamente. Por esta razón, incluiré más información.

El equipo consta de una gruesa tela o lona que es ubicada entre 2 hileras de plantas adyacentes y es mantenida en el lugar por 2 varas de madera unidas a los extremos opuestos de la tela. Las 2 varas de madera con aproximadamente 2 a 3 cm. de diámetro son cortadas 20 cm. más largas que la longitud de la cubierta. Por ejemplo, si la tela tiene 1 m. de largo, las varas deben tener 1.20. Una tela blanca o de color claro, o vívilico grueso es cortado para la longitud deseada (1 m. generalmente). El ancho de la tela debe ser de aproximadamente 20 cm. más que la mayor distancia entre 2 surcos que pueda encontrarse en el campo (generalmente 1.10 m.) La tela es fijada a las varas de madera con tachuelas o grapas

gruesas o es cosida fuertemente rodeando a las varas. Una longitud igual en ambas varas queda libre y cualquier extremo puede usarse para manipular o enrollar la tela.

Este dispositivo cubierta del suelo debe ser operada por 2 personas, pero si es más pequeña (0.50 cm.) Una sola persona es suficiente. El procedimiento consiste en aproximarse al sitio escogido al azar, sin perturbar a las plantas a muestrearse, se desenrolla la tela cuidadosamente y se le ubica entre las hileras. Si el follaje está cerrado, la cubierta enrollada es suavemente deslizada en la posición al nivel del suelo, bajo el follaje de la mata; el mismo procedimiento cuidadoso se debe tener si las plantas están enramadas. Con un operador en cada extremo, si la tela mide 1 m. de largo, la tela es desenrollada de modo que cada vara fijada a la tela toque el pie de los tallos de cada hilera. Es conveniente arrodillarse en las esquinas de la cubierta, para mantenerla en posición. Los investigadores colocados uno frente a otro proceden a inclinar las plantas adyacentes de ambos surcos sobre la tela y sacudirla vigorosamente. Sólo bajo ciertas condiciones es que las plantas de una sola hilera se inclinan y sacuden y en este caso la otra hilera es doblada hacia el otro lado. Se sugiere que deben usarse 15 sacudidas por muestra.

Después de las muestras se han colectado sobre la tela, se pueden seguir 2 procedimientos : a) las diferentes especies muestreadas deben ser contadas y registradas en el campo o, b) la muestra puede ser transferida a un envase apropiado y etiquetado para su posterior procesamiento en el laboratorio. La transferencia de toda la muestra al envase es facilitada si se usa tela de vinilo lisa. La cubierta puede ser doblada en 2 y una vez levantada dejar que las muestras se deslicen al envase. Pequeños artrópodos pueden ser eficientemente colectados con un aspirador (Kogan, no publicado).

Varios estudios indican que el método de cobertura del suelo es el más objetivo para muestras relativas o larvas de lepidóptero que atacan al follaje y para chinches y adultos de crisomélidos que atacan al follaje.

Método de succión.- Un diseño con la marca de fábrica D-Vac (Figura 11) captura insectos succionándolos dentro de una fina malla abierta dentro de una armazón rígida. Un motor a gasolina portátil mueve un ventilador que genera la succión. El área a ser muestreada está delimitada por la cabeza del tubo de succión que también contiene la bolsa de colección; un tipo de ventilador jaula de ardilla produce una fuerte corriente de aire. Este modelo es por lo tanto particularmente útil para el uso en animales sobre hierba; la eliminación de la larga manga de succión anterior a la bolsa de colección elimina el problema de que los insectos - queden atrapados en una lámina de agua dentro de esta manga, y por lo tanto este aparato de succión puede ser usado sobre follaje húmedo.

Un aparato succionador muestrea, más o menos absolutamente, habitats donde el único otro método disponible es la redada que bajo ciertas condiciones, da un cuadro parcializado. El succionador puede ser usado en diferentes condiciones de clima y de plantas herbáceas en diferentes

estados de crecimiento, pero dado que los estimados son absolutos por unidad de áreas, todos pueden ser directamente comparados. La principal desventaja de este método se origina en la distribución agrupada de animales en muchos habitats naturales; la variación de 4 pulgadas en diámetro de la muestra de algunos habitats se ha encontrado que es muy alta; mientras que, en contraste, con el muestreo de la red del mismo habitat fue bastante más uniforme, dado que aquí una mayor parte del habitat es muestreada aún cuando solo parcialmente. Las respuestas teóricas conducen a tomar un mayor número de muestreos, pero cada muestra debe ser de un área muy pequeña para que el muestreador no se vaya a ver sobrecargado en la labor de seleccionar lo capturado (Southwood, 1966).

Otros métodos.— Además de estos 4 principales métodos, otros métodos deben ser mencionados, pues ninguno de los 4 métodos previos cubren a los insectos dentro de tallos, hojas y semillas o frutos. Ninguno de ellos cubre la captura de insectos dentro de árboles y hierbas leñosas (excepto el aparato de succión). Estos otros serán brevemente mencionados; la información sobre estos puede obtenerse de Southwood (1966).

Los insectos pueden ser colectados de árboles, arbustos, y otras vegetaciones por: a) sacudiendo y golpeando el follaje, b) extracción de los insectos del follaje con el uso de brochas y lavado, c) desprendimiento de los insectos mediante sustancias químicas sobre una tela o lona (adormecimiento químico), d) mediante colección de los insectos que descienden en forma natural a medida que migran hacia el suelo a empupar u ovipositar. Hemos encontrado que con el thrips de la soya, un papel pegajoso colocado bajo la vegetación colecta al segundo estadio completamente maduro que naturalmente cae al suelo para empupar. También la "impresión" es un buen método para obtener buenos contajes de ácaros sobre hojas. Esta técnica ha sido usada solo con ácaros y sus huevos; las hojas infestadas son colocadas entre láminas de papel absorbente y pasada entre un par de rodillos de goma; donde cada ácaro y sus huevos son destruidos y dejan una mancha sobre el papel. La ventaja de este método es la velocidad y el contar con un registro permanente (Southwood 1966).

Los insectos pueden ser extraídos del tejido de la planta mediante disección o aclareo y teñido selectivo. Insectos tales como minadores de hojas pueden ser directamente contados pero es raramente posible determinar de manera simple los huevos embebidos en el tejido de la planta o los estadios larvales o adultos que se alimentan dentro del tallo de plantas herbáceas o de árboles. El principal ímpetu para el desarrollo de técnica en el muestreo de tales animales lo ha dado el trabajo con plagas de granos almacenados y madera. Sin duda se lograra un considerable avance cuando lo desarrollado en este campo se aplique y se extienda a los insectos dentro de tejidos de plantas herbáceas.

El método de disección es ampliamente aplicable pero tedioso. A veces es posible limitar la disección de tallos, frutos u otras partes a aquellos que son obviamente dañados. Los métodos del aclareo y teñido selectivo son más rápidos. El tejido de la planta puede hacerse transparente mediante el tratamiento con lactofenol o hidroxido de Na al 10%,

de modo que los insectos se hagan visibles; este método ha sido usado con granos y lentejas. Nematodos parásitos de plantas son evaluados mediante el aclareo del tejido y la tinción de las larvas en una mezcla de lactofenol y azul de algodón. Los huevos de varios Hemiptera en hojas de papa pueden ser detectados mediante la remoción de las hojas (hervir en agua hasta que pierda su firmeza y luego recibe alcohol al 95%) en baño maría, luego se tiñe en una solución saturada de rojo de metilo y la diferenciación en una solución ligeramente alcalina (conteniendo hidróxido de Na) del mismo tinte; los tejidos de la hoja se tornan naranja o amarillo pero los huevos se mantienen rojo brillante y pueden ser contados al trasluz (Southwood, 1966).

Otro método útil para medir poblaciones para la toma de decisiones en el manejo es la medición de la defoliación. Los entomólogos con experiencia de campo a menudo son capaces de estimar visualmente con gran precisión el porcentaje de defoliación de un grupo de plantas. Aunque para muchos propósitos prácticos la estimación visual es muy usada. Los niveles de defoliación puede rara vez establecerse dentro de intervalos menores al 10%. Cuando se necesitan intervalos más refinados que en la calibración de la estimación visual, otros métodos deben usarse. Instrumentos que usa la avanzada tecnología electrónica pueden usarse tanto en campo como en laboratorio con hojas adheridas o cortadas. Uno de tales instrumentos es el medidor de áreas LI-COR producido por Lambda Instrument (Lincoln Nebraska) (Figura 12). Para usar este aparato en la evaluación de la defoliación es necesario conocer el área de las hojas no dañadas. Un método para lograr esto es asperjar un block de plantas para mantenerlas libres de insectos mientras ellas crecen en la misma proporción que las plantas que son defoliadas. Aunque el área foliar entre las plantas varía considerablemente se pueden tomar suficientes muestras de las plantas enteras y de las plantas defoliadas para dar un resultado con significación estadística. Un método más trabajoso para medir la defoliación es el uso de fotocopias de las hojas. Las copias son cortadas y pesadas y los pesos transformados en áreas medidas mediante el uso de factores de conversión adecuados correlacionando el peso con el área conocida del mismo papel. Este método ha sido usado para medir la proporción de crecimiento de las plantas de soya (Ruesink y Koga, 1975).

El Habitat del aire .- Aun cuando los insectos no pueden dañar al cultivo cuando están en el aire, la densidad aérea de una especie a través del tiempo, puede tener influencia directa sobre las tasas de colonización; la introducción de varios patógenos de plantas transmitidos por insectos vectores y el comportamiento de vuelo de los insectos. El habitat del aire es probablemente el más fácilmente muestreado (el habitat del agua, no discutido aquí, es también fácilmente muestreada) y hay varios diseños que pueden ser usados. Los equipos de muestreo aéreo pueden ser categorizados como interceptores de la atracción. La mayoría de ellos son trampas de una clase u otra.

Diseños de Intercepción.- Estos pueden ser estacionarios (Trampas Malaise, trampas pegajosas, etc) o redes de movimiento (Trampas rotatorias) que pueden proveer muestras absolutas. Se asume que estas no atraen a los insectos activamente, y, así la muestra puede ser teóricamente, un índice de la densidad de la población absoluta en el aire, a través del tiempo.

Trampas de succión: (Figura 13). En este tipo de trampa, el aire y los insectos pasan a través de un extractor mecánico y entra a un cono graduado de cobre. Los insectos son colectados entre una serie de discos de latón que separan la captura en segmentos horarios en la parte inferior del cono. Puesto que la captura es casi exclusiva de insectos, no hay problema para contar el número por muestra. Hay un problema para -- convertir esta captura de insectos por hora a densidad aérea. Taylor ha calculado factores de eficiencia para la trampa de succión que corrige la velocidad del viento, el diseño de la trampa y el tamaño del insecto. Estas conversiones pueden encontrarse en Southwood (1966).

Trampa rotatoria: (Figura 14) La trampa rotatoria captura insectos en un volumen fijo de aire y la captura es independiente de la velocidad del viento. Pero otros factores parecen afectar la eficiencia de esta trampa, y es conocido que aún las mejores pierden el 15% de la población aérea (Ruesink y Kogan, 1975).

Trampas Malaise (Figura 15) Una trampa Malaise consiste esencialmente de una carpa hecha a modo de red, con un lado abierto por donde ingresa el insecto, ya sea volando o reptando. Puesto que la mayoría de los insectos una vez dentro de la red se mueven hacia arriba, pueden ser atrapados en frascos con preservantes colocados en los vértices superiores de la carpa. Puesto que estas trampas dependen sobre todo de que ingrese el insecto a ellos accidentalmente, trabaja mejor para especies de alta actividad tales como adultos de Diptera e Himenoptera (Ruesink y Kogan 1975).

Trampas de panel de ventana (Figura 16) Con trampas de panel de ventana se pueden muestrear coleopteros voladores. Las trampas constan simplemente de una lámina o panel de vidrio o plexiglass colocada verticalmente con una fuente con preservante colocada bajo la lámina. Cualquier insecto que golpee el vidrio y reacciona cayéndose es capturado. Estas trampas son particularmente útiles para determinar la dirección del vuelo, y pueden también dar datos sobre cuando ocurre la dispersión aérea (Ruesink y Kogan, 1975).

#### Trampas Atractantes y/o Interceptoras

Trampas pegajosas (Figura 17). Las trampas pegajosas surgen como variaciones de las trampas de panel de ventana, en la que el vidrio, o malla de alambre u otra superficie se cubre con alguna sustancia lo suficientemente pegajosa para retener al insecto que choca en lugar de permitirle caer en una sustancia preservante. Las trampas pegajosas pueden ser usadas para muchas especies que no pueden ser colectados con trampas de

panel de ventana. Puesto que los insectos son capturados en el lugar, la sustancia pegajosa puede ser puesta en casi cualquier cosa o cualquier lugar. A menudo estas trampas están combinadas con cebos o atrayentes para facilitar la captura de ciertas especies (Ruesink y Kogan, 1975). Las trampas pegajosas cilíndricas son más eficientes si el diámetro es pequeño (Figura 18).

Trampas de agua: Estas son simplemente fuentes o bandejas de vidrio, o plástico o metal, llenas de agua a la que se añade una pequeña cantidad de detergente y un preservante (generalmente un poco de formalina). La omisión del detergente reducirá en más de la mitad la captura. Las trampas pueden ser transparentes o pintadas de varios colores y ser colocadas a cualquier altura. El color generalmente afecta el comportamiento de la captura para ciertos grupos de insectos tales como áfidos. Las trampas pegajosas deberían preferirse a las trampas de agua, porque la relación entre la velocidad del viento y la captura del agua es probablemente menos simple que aquel para la trampa pegajosa y porque las trampas de agua deben ser frecuentemente atendidas, o se sobrellenan con fuertes lluvias o se secan al sol. Por otro lado, las trampas de agua tienen ciertas ventajas: los insectos capturados están en perfectas condiciones para su identificación y son fácilmente separados mediante filtrado o el recojo individual mediante una pipeta o unas pinzas (Southwood, 1966).

Diseños con atrayentes: Son generalmente trampas estacionarias que atraen a ciertas especies de insectos. Debido a que son atractivas, es difícil convertir los números de captura a densidades absolutas. Sin embargo, el hecho de que algunas sean altamente específicas y altamente atractivas, y pueden atraer individuos de gran distancia hace de estos diseños sean útiles en los exámenes de detección. Hay varios tipos, algunas de las cuales ya han sido discutidas: trampas de agua, trampas pegajosas, trampas de feromonas, y trampas de luz. Las trampas de luz (Figura 19) son tal vez las mejor conocidas. Son particularmente útiles para detectar plagas de lepidópteros.

### Conclusiones

La evaluación de las densidades de las poblaciones en los agroecosistemas está llena de problemas. Es importante que estos problemas se comprendan antes de empezar un programa de muestreo. El muestreo para la toma de decisiones en el manejo es tal vez el más fácil, porque está limitado en la decisión final de dos alternativas: tomar una acción o no tomarla. Deben de establecerse los umbrales económicos antes de poner en acción un programa de toma de decisiones, pero estos umbrales no necesitan ser investigados rigurosamente para iniciar un programa de manejo. Por supuesto, uno debe esforzarse en forma continua en mejorar la determinación del umbral económico de cada especie y de un complejo de especies.

Hay muchos diseños disponibles para hacer evaluaciones de poblaciones. El diseño que se va a usar, va a depender, en gran parte, de la especie de insecto y del estadio que se va a evaluar y, por supuesto, de

su comportamiento y nicho ecológico. También debería depender del grado de precisión necesitada y de los recursos disponibles.

Para programas de manejo de pestes en cultivos de surco y forrajes, es mayor la confianza en las técnicas de muestreo de golpes de red y de cubierta de tela del suelo. Ambas son económicas y dan densidades relativas. Se deben de conocer los otros diseños disponibles y preferir aquellos que resultan más apropiados dadas las circunstancias.

### Bibliografía

- Bellotti, A. and A. van Schoonhoven. 1978. Mite and insect pests of Cassava. *Ann. Rev. Entomol.* 23:39-67.
- Glass, E.H. (Coordinator). 1975. Intergrated pest management: Rationale, potential, needs and implementation. *Entomol.Soc. Amer. Spec.Publ* 75-2. 141 pp.
- 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.
- Irwin , M.E., K.V. Yeargan, and N. Marston. 1978. Spatial and temporal distribution of phytogagous thrips in soybean fields with comments on sampling techniques. Submitted, *Environ. Entomol.*
- Kogan, M. 1975. Soybean insect damage thresholds. Pages 54-59 in Twenty-seventh Illinois custom spray operators training school. Illinois Agr. Coop. Ext. Serv., Illinois Natur. Hist. Surv., Urbana, Illinois
- Kogan, M. 1976a. Evaluation of economic injury levels for soybean insect pests. Pages 515-533 in L.D. Hill (ed.). World soybean research. Proceeding at the World soybean research conference. Interstate, Danville, Illinois.
- Kogan M. 1976b. Soybean disease and insect pest management. Pages 114-21 in R.M. Goodman (ed.). Expanding the use of soybeans--a conference for Asia and Ocenia. Chiang Mai, Thailand. Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, INTSOY Publ. N°10. 261 pp.
- Kogan M., S.C. Turnipsead, M. Shepard, E.S. de Oliveria, and A. Borgo. 1977. Pilot insect pest management program for soybean in southern Brazil. *J. Econ. Entomol.* 70:659-663.
- Mail, G.A., and R.W. Salt. 1933. Temperature as a possible limiting factor in northern spread of the Colorado potato beetle. *J. Econ. Entomol.* 26: 1068-1075.
- National Academy of Sciences. 1969. Insect-pest management and control. Vol. 3 of Principles of Plant and Animal Pest Control. National Acad. Sci. Publ. 1965. 508 pp.

- 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.
- Ruesink, W.G. and 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.
- Southwood, T.R.E. 1966. Ecological methods. Methuen, London. 391 pp.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. van den Bosch, and K.S. Hagen. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia* 29: 81-101.
- Turnipseed, S.G. and M. Kogan 1976. Soybean entomology. *Annu. Rev. Entomol.* 21: 247-282.
- Waldbauer, G.P., and M. Kogan. 1973. Sampling for bean leaf beetle eggs: Extraction from the soil and location in relation to soybean plants. *Environ. Entomol.* 2:441-46.

## SISTEMAS DE EVALUACION DE PLAGAS EN CULTIVOS DE ALGODON, MAIZ y PAPA

Ing. Juan Herrera Aranguena  
Universidad Nacional Agraria La Molina.

La importancia de las plagas insectiles que afectan a los principales cultivos del país, descarta la posibilidad de esperar, que una simple evaluación visual de la intensidad del ataque de un insecto, sea suficiente para aplicar el método de control más apropiado. Por esta razón, las empresas agrarias se han visto obligadas a que en sus campos de cultivo se efectúen periódicamente, un sistema adecuado de "contada" o evaluación tanto de las plagas principales como de la fauna benéfica existente.

Con la evaluación, se determina la cantidad de insectos (y sus daños), que hay en un cierto número de plantas tomadas al azar, que sirven como referencia de la población total de insectos que hay en el campo -- examinado.

Con la finalidad de estandarizar las evaluaciones, de tal manera que los resultados sean comparables entre las diversas empresas agrarias de un valle y entre valles o distritos, diversas instituciones relacionadas con el agro, después de uniformizar criterios han confeccionado modelos de REGISTROS o PARTES DIARIOS DE EVALUACION ENTOMOLOGICA, para los diferentes cultivos. En estos registros se incluyen los siguientes datos (Lámina 1):

- a.- cultivo, lugar y fecha de la evaluación
- b.- nombre de las principales plagas del cultivo de la localidad así como de los insectos benéficos.
- c.- el estado del cultivo (crecimiento y fructificación)
- d.- observaciones (espacio para anotar cualquier información adicional).

Normalmente, los resultados de las "contadas" son transcritas a las HOJAS DE CONTROL DE PLAGAS (Lámina 2), existentes para cada campo de cultivo. En esta hoja se anota, las fechas de las evaluaciones, el resultado de las mismas, la aplicación de insecticidas y cualquier otra observación. La hoja de control, viene a ser el historial entomológico del campo durante esa estación de cultivo.

En valles más organizados, donde existen estaciones experimentales agrícolas y/o servicios entomológicos, se recolectan los PARTES SEMANALES DE CONTADAS (Lámina 2) muy similar a la de cada predio debidamente promediadas. Los promedios semanales de infestación de cada plaga, se transfieren a pliegos de papel cuadriculado; de esta manera, se obtienen los promedios de infestación de cada insecto para una determinada zona del valle, o para todo el valle. Con estos promedios se pueden confeccionar gráficos sobre el desarrollo de las principales plagas, sus daños, gradación de la fauna benéfica, etc.

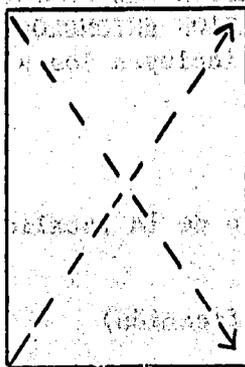
Para una mejor comprensión de lo expuesto, damos como ejemplo la gradación del "arrebiatado" (Dysdercus peruvianus G.), en los predios de la zona baja del valle de Piura durante la campaña algodонера 1974. Los promedios semanales de infestación sirvieron para confeccionar el gráfico respectivo.

### Sistemas de Evaluación

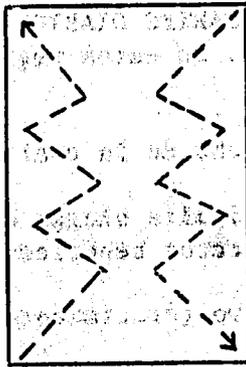
Existen varios métodos de conteaje, diferenciándose básicamente en la forma de inspeccionar el campo, pero todos ellos se basan en el examen de un determinado número de plantas tomadas al azar dentro del campo que se evalúa. En principio, cualquier método de conteaje es bueno, si se hace con eficiencia y honorabilidad, para lo cual es indispensable disponer de personal debidamente entrenado.

Para el examen de las plantas de un determinado campo se pueden escoger cualquiera de los siguientes métodos:

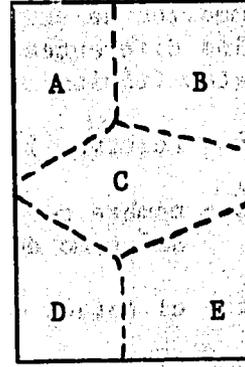
CROQUIS



CROQUIS



CROQUIS



- 1) Cruzar el campo diagonalmente formando una X
- 2) Atravesar el campo en zig-zag
- 3) Dividir el campo en 5 puntos o zonas

Cualquiera que sea el método elegido, el área de cultivo asignado a un contador de plagas, es dividido en lotes no mayores de 15 hectáreas, procurando que éstos tengan plantaciones uniformes, de la misma edad y reciban las mismas labores culturales.

### Evaluaciones en el Cultivo de Algodón

En el algodón, el método de conteo más recomendable es el sistema de "puntos" o "zonas", el cual consiste en dividir el campo por evaluar en 5 puntos (A-B-C-D-E). Estos puntos están localizados en las esquinas y en el centro del campo, abarcando cada sector aproximadamente el 20% del área (Croquis N°3). En cada uno de los puntos se toman 20 plantas, en los cuales se observan:

- a) 2 metros lineales de suelo
- b) 20 terminales o brotes
- c) 20 botones florales
- d) 20 cápsulas (bellotas)
- e) 20 hojas de la parte media de la planta
- f) 10 matas (grupo de 2 plantas).

o sea que en total se examinan 10 metros lineales de suelo, 100 terminales, 100 botones, 100 capsulas, 100 hojas y 50 matas enteras, en los cuales se evalúan los insectos consignados en la hoja de evaluación (Lámina 1).

Un aspecto que debe tener muy presente el evaluador antes de iniciar la contada es lo referente a la división de la planta del algodón en tercios y los órganos que debe examinar en cada tercio de la planta, de acuerdo al esquema que se presenta en la página 10.

Cuanto mayor sea el número de plantas examinadas en cada campo, tendremos una idea más exacta de las poblaciones de insectos que hay en dicho campo; lo ideal sería revisar el mayor número de plantas posibles, tratando de cubrir todo el campo. El número mínimo de plantas a chequear en algodones pequeños y medianos es 100; en algodones grandes y cerrados - 50 plantas. Los resultados provenientes de contadas de un número de plantas inferior al mínimo, no son confiables, especialmente cuando provienen de contadores de plagas sin experiencia.

En la hoja impresa, el contador anota en primer lugar el nombre del campo y la fecha de la evaluación. Al ingresar al campo a realizar la contada, debe comenzar a partir de 10 metros dentro de él, evitando tomar plantas de los bordes del mismo, o plantas cercanas a "coraderas" o sequias de riego; igualmente, debe terminar la contada antes de los 10 metros del final del campo.

Al iniciar la contada, el evaluador anota en el casillero de PLANTAS CONTADAS, una raya, o punto por cada planta revisada. En las columnas correspondientes a las plagas o enfermedades anota un punto (+) por cada (+) Las anotaciones de las plagas consignadas en el registro, se efectuará mediante el "cuadrado del diablo", el cual consiste en formar un cuadrado con 4 puntos, luego ir enlazando los puntos para finalmente cruzar el cuadrado en forma diagonal, según el siguiente ejemplo:



= 10 puntos.

huevo, larva, predator, etc., que encuentre. En las plagas difíciles de contar su número exacto (pulgonos, thrips, etc) anota solamente el Grado Promedio de Infestación. En caso de aparecer plagas o enfermedades no existentes en la hoja impresa, quedan espacios libres para anotarlas o de otro modo puede apuntar en el casillero de Observaciones.

Al atravesar algodones altos y tupidos, se debe tratar de no dañar las plantas, por lo cual se camina en "zig-zag" pero sin perder la dirección; lo cual, se mantiene fácilmente escogiendo con la vista un punto de referencia hacia el final del recorrido al cual se dirige el evaluador.

Las plantas que se examinan se toman al azar; para lo cual, al atravesar el cultivo se cuentan el número de surcos o pasos fijados previamente de acuerdo al largo del recorrido total. Luego se escoge a mano derecha o izquierda, exactamente una planta inmediata a la cual se está parado después de haber caminado la cantidad de surcos o pasos fijados, y ésta planta elegida es la que se revisa.

Cuando se evalúen matas enteras, el mejor sistema es revisar cada planta en forma individual, comenzando siempre por el mismo lugar, preferiblemente en el terminal central y bajar de rama en rama, a fin de no dejar parte de la planta sin revisar o para no revisar una rama dos veces.

#### Evaluaciones en el Cultivo de Maíz

Al igual que en el algodón, el sistema consiste en determinar el número de insectos y daños que se encuentran en cierto número de plantas dentro de un campo de maíz.

Para los efectos de la evaluación, se considera como campo, lotes no mayores de 15 hectáreas y como planta aquella que proviene de una sola semilla. En cada planta se observa:

- a) El cogollo y las 3 ó 4 primeras hojas
- b) El tallo o caña
- c) La inflorescencia femenina llamada mazorca con pistilos o barbas.

En los cuales se cuentan las plagas consignadas en la hoja de evaluación (Lámina 3), con excepción de los "gusanos de tierra" y Elasmopalpus para los cuales el conteo se efectúa escarbando cuidadosamente el suelo en 0.5 m. de longitud del surco a ambos lados de la línea de plantas y anotando el número de larvas vivas así como el porcentaje de plantas cortadas (gusanos de tierra) o dañadas (Elasmopalpus). En cada campo se efectúan 20 muestreos de 0.5 m. de surco tomados al azar (10 metros lineales).

Para la evaluación de las plantas de un campo de maíz, el método más recomendable es el de cruzar diagonalmente el campo pero zigzageando (una combinación de los croquis 1 y 2). El conteo se inicia ingresando al campo por cualquiera de sus extremos, ubicando un primer punto a 10 metros del borde del campo (punto A-B del croquis 4). En este primer punto se observa 10 plantas seguidas y luego se avanza hacia el interior otros 10mts.

ó 10 surcos para ubicar un segundo punto donde nuevamente se observa 10 plantas seguidas. Así se continua en zig-zag atravesando todo el campo hasta completar un mínimo de 100 plantas. Si no se completa el mínimo de plantas al volver a ingresar al campo se debe cambiar la dirección seguida en el primer caso para abarcar las zonas del campo que no han sido evaluadas.

### Evaluaciones en Cultivo de Papa

La evaluación de las plagas que afectan al cultivo de la papa en el país, se realiza diferenciándose en cultivos de costa y cultivos de sierra, debido a la variabilidad de especies insectiles que se presentan y también por la diversidad en importancia que tienen especies comunes.

Para el conteaje en cultivos de costa, se considera como unidad de observación una extensión variable entre 10 a 15 hectáreas, dependiendo mayormente de la uniformidad del cultivo. En la sierra, las extensiones de las unidades de conteaje suelen ser menores.

La inspección del campo puede hacerse recorriendolo en diagonal, en zig-zag, en zonas o sectores. Sin embargo, en la costa se recomienda las contadas por "zonas", que es el mismo sistema empleado en el algodón y con el cual, el personal de contadores de plagas ya están familiarizados. El campo por evaluar se divide en 5 puntos (Croquis 3). En cada uno de los puntos se toman 20 plantas al azar en los cuales se observan:

- a) 20 terminales (brote más 3 hojas terminales)
- b) 40 foliolos (20 de la parte media de la planta y 20 de la parte baja)
- c) 20 plantas completas
- d) 2 metros lineales de suelo.

o sea que en total se examinan 100 terminales, 200 foliolos, 100 plantas completas y 10 metros lineales de suelo, en los cuales se cuentan las plagas consignadas en la hoja de evaluación (Lámina 4).

Como información adicional, mencionamos que para el conteaje de los huevos de Scrobipalpus en terminales, se examinan ambas caras de los foliolos ya desarrollados con una lupa de 10X. Esta observación es importante para efectuar liberaciones oportunas de la avispa parásita Copidosoma gelechiae How.

Los 200 foliolos provenientes de la parte baja y media de las plantas evaluadas, pueden ser guardadas en una bolsa de tela plástica para ser llevados al insectario o laboratorio, donde pueden examinarse con bastante cuidado el número de larvas de Scrobipalpus y Liriomyza que se encuentran haciendo minas. En los foliolos correspondientes a la parte baja de la planta antes de ponerlos en la bolsa, se determina el porcentaje de foliolos que presentan colonias de pulgones.

En la observación de plantas completas, cuando ya no es posible individualizar las plantas (surco "cerrado"), el número de moscas minadoras adultas/planta, se determina examinando sigilosamente una área imaginaria correspondiente a tres cuartas de la mano de largo por dos de ancho (0.25 m<sup>2</sup> aproximadamente).

En los cultivos de sierra, el "gorgojo de los andes", constituye la principal plaga de la papa, por lo cual su evaluación debe ser continua durante toda la campaña. Al comienzo, cuando las plantas están pequeñas a medianas, se examina el suelo alrededor de la planta, anotándose el número de adultos/metro. Cuando las plantas ya han tuberizado se determina en los tubérculos, el número de larvas más pupas/metro, así como el porcentaje de tubérculos dañados.

### Bibliografías

- Boyer L.O. et al. 1962. Cotton insect scouting in Arkansas. Agric. Exp. Sta. Division of Agriculture. University of Arkansas, Fayetteville. Bulletin 656. 40 pp.
- González J.E. 1975. Manual de evaluación y control de insectos y ácaros del algodonero. Boletín Técnico N°1. Fundación para el Desarrollo Algodonero. 56 pp.
- Herrera J.M. 1961. Problemas entomológicos en el cultivo de los algodones Tanguis y Pima en el Perú. Medidas de control y su organización. Rev. Peruana de Entomología. Vol. 4 (1) pp. 58-61.
- Herrera J.M. y Consuelo Bazán de S. 1964. Directivas para el contaje de las plagas insectiles en el cultivo de la papa. En: Recomendaciones para el control de las plagas del cultivo de la papa en Cañete. La vida agrícola. Vol. XLI N°487 pp 321-326.
- Herrera J. M. y S. Alvarez. 1977. Manual de Evaluación de las principales plagas e insectos útiles en el algodonero. 2da. Ed. Departamento de Sanidad Vegetal. Univ. Nac. Técn. de Piura. 63 pp.
- MAG/FAO/PNUD. 1976. Guia de Control Integrado de Plagas de Maíz, Sorgo y Frijol. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Managua, Nicaragua. 62 pp.
- Sarmiento J. 1974. Evaluación y Crianza de Insectos. Copias mimeografiadas. Departamento de Sanidad Vegetal. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- USDA. 1977. 30th. Annual Conference Report en Cotton Insect Research and Control. U.S. Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Southern Region. New Orleans. La. 74 pp.

# PARTE DIARIO DE EVALUACION ENTOMOLOGICA

VALLE: ..... ZONA: .....  
 PREDIO: ..... CAMPO: .....  
 FECHA: ..... EVALUADOR: .....



DETERMINACIONES			A	B	C	D	E	TOTAL	
10 M LINEALES	GUSANOS DE TIERRA	PLANTAS CUNTADAS							
		Larvas X metro lineal							
100 TERMINALES	GUSANO DE HOJA	Huevos chicos							
		Huevos parastados							
		Larvas chicas							
		Larvas grandes							
	HELIOTHIS	Huevos chicos							
		Huevos parastados							
		Larvas							
	CONTROLADORES	Chinches chicos							
		Chinches grandes							
		Coccinellidos							
		Arañas							
	100 BOTORES	PICUDO	Bolones picados						
Adultos									
HELIOTHIS		Daños							
		Larvas							
PRODENIA + SPODOPTERA		Daños							
		Larvas							
CONTROLADORES		Chinches + arañas							
100 BELLotas		HELIOTHIS	Daños						
	Larvas								
	PRODENIA + SPODOPTERA	Daños							
		Larvas							
100 HOJAS	BUCCULATRIX	Larvas X hoja							
	APHIS	Grado promedio							
	THRIPS	Grado promedio							
	ARAÑITA ROJA	Grado promedio							
	CIGARRITA	Adultos + ninfas X hoja							
	CONTROLADORES	Avispita Eulophidae							
		Chinches grandes							
		Coccinellidos							
		Arañas							
	Otras								
50 MATAS	ARREBIATADO	Nidos (%)							
		Ninfas grandes + adultos (%)							
	PHENACOCCLUS	Grado							
	CRECIMIENTO Y ORGANOS DE FRUTIFICACION POR MATA	Altura promedio (m)							
		Bolones							
		Flores							
		Bolones chicos							
	Bolones grandes								
ENFERMEDADES	Oldium								
	Alternaria								
	Otras								

OBSERVACIONES .....

.....

.....



# ARREBIATADO (*Dysdercus peruvianus*)

NINFAS Y ADULTOS EN 100 MATAS

VALLE: Piura

ZONA: Baja

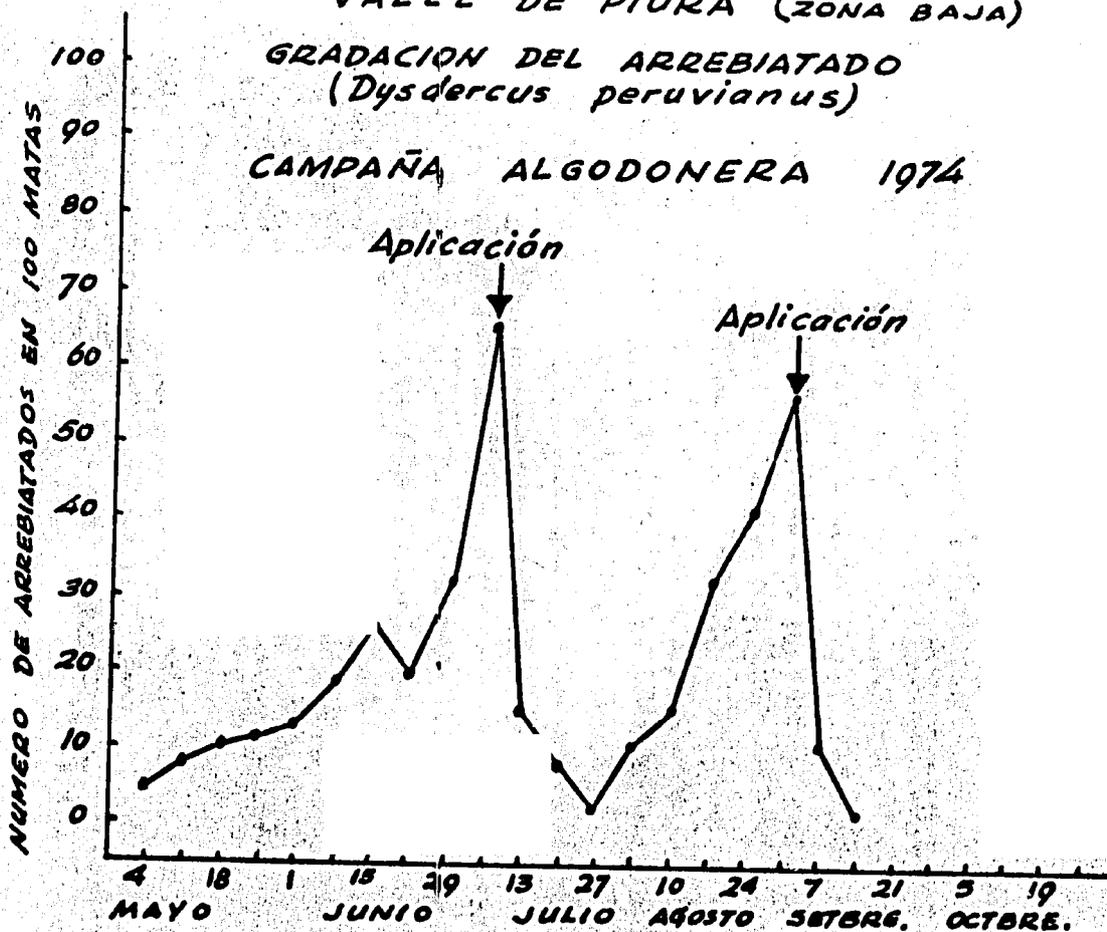
CAMPAÑA: 1974

PREDIOS	MAYO				JUNIO					JULIO				AGOSTO				SET.		
	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24	31	7	14
Viduque	2.5	6.5	8.0	9.1	9.0	18.6	30.1	14.6	29.0	50.4	20.6	10.8	2.1	12.0	16.5	31.4	60.1	52.8	4.2	1.4
J. Velasco Gallo	4.0	8.2	10.2	9.8	10.3	20.0	24.5	19.2	36.8	66.0	12.8	12.7	2.4	2.5	11.6	25.0	35.2	49.0	8.6	2.8
J. Velasco Alvarado	3.1	6.0	9.1	10.2	11.0	19.1	28.2	22.0	38.2	81.6	4.5	5.8	2.8	9.1	17.8	39.2	45.6	71.6	12.8	2.6
Cumbibira	2.0	7.5	11.0	12.4	13.1	19.6	26.0	21.8	31.8	65.1	19.4	6.2	1.5	4.8	10.1	25.1	30.4	46.0	7.0	1.6
Tupac Amaru	5.4	9.0	15.0	14.5	14.6	16.0	30.4	18.1	35.6	61.2	21.0	10.5	2.4	12.4	15.0	32.0	42.0	80.1	25.1	2.4
Sta. Filomena	6.0	7.2	10.4	15.0	16.4	21.4	25.8	26.0	29.1	70.6	8.2	4.0	0.6	16.2	22.4	45.6	36.1	54.2	2.6	1.2
<b>TOTAL</b>	<b>23.0</b>	<b>44.6</b>	<b>63.7</b>	<b>71.0</b>	<b>74.4</b>	<b>114.6</b>	<b>155.0</b>	<b>121.7</b>	<b>200.2</b>	<b>394.8</b>	<b>86.4</b>	<b>50.0</b>	<b>11.0</b>	<b>63.1</b>	<b>93.4</b>	<b>109.1</b>	<b>244.0</b>	<b>352.7</b>	<b>60.2</b>	<b>11.9</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>3.8</b>	<b>7.4</b>	<b>10.6</b>	<b>11.8</b>	<b>12.4</b>	<b>19.1</b>	<b>25.8</b>	<b>20.2</b>	<b>33.7</b>	<b>65.8</b>	<b>14.5</b>	<b>8.3</b>	<b>1.8</b>	<b>10.5</b>	<b>15.5</b>	<b>33.1</b>	<b>41.5</b>	<b>58.7</b>	<b>10.0</b>	<b>1.9</b>

## VALLE DE PIURA (ZONA BAJA)

GRADACION DEL ARREBIATADO  
(*Dysdercus peruvianus*)

CAMPAÑA ALGODONERA 1974



**TERCIO  
SUPERIOR**

*Un brote  
2-3 hojas terminales*

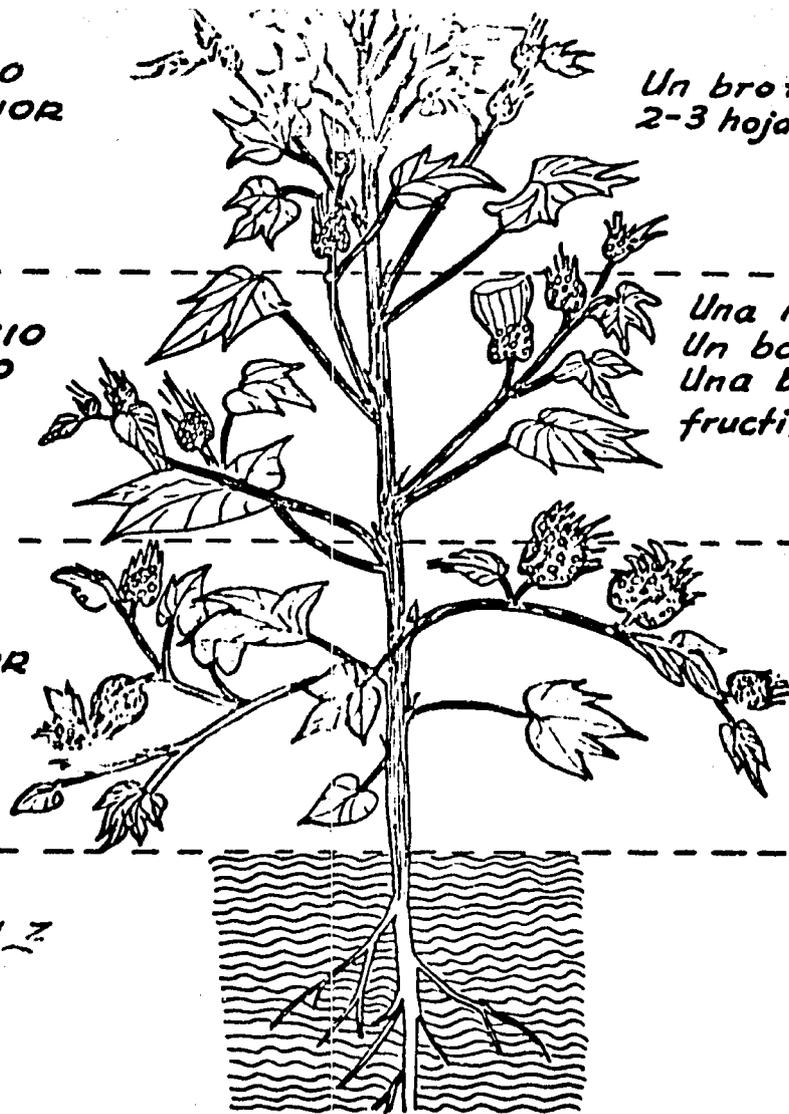
**TERCIO  
MEDIO**

*Una hoja  
Un botón  
Una bellota (según  
fructificación)*

**TERCIO  
INFERIOR**

*Una hoja  
Una bellota*

**RAIZ**

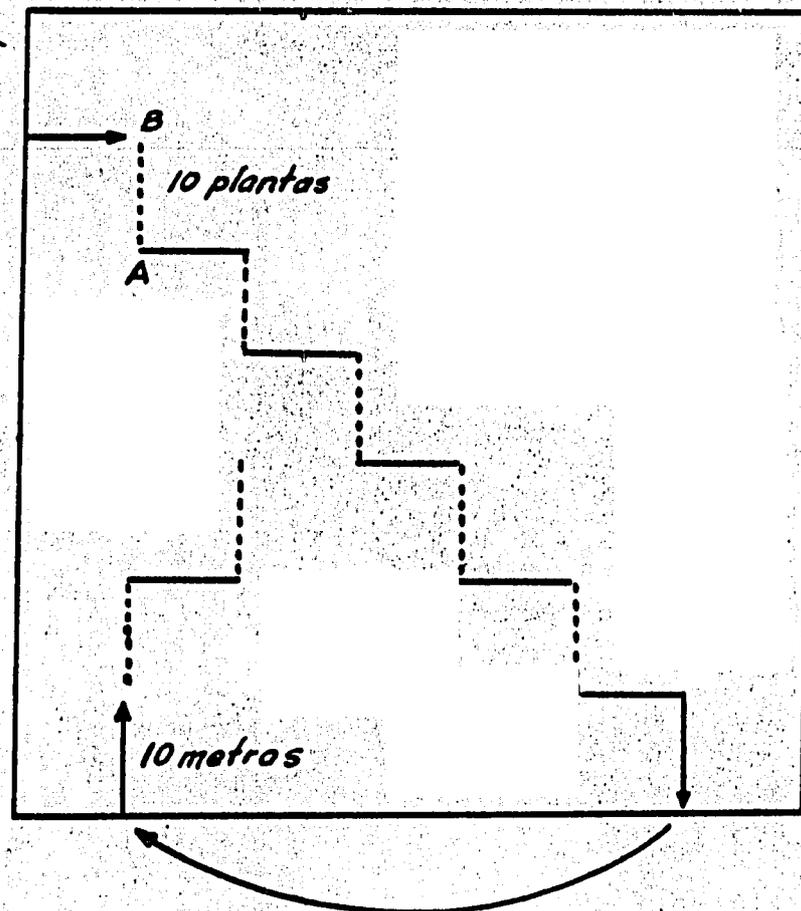


PLANILLA DE EVALUACION DE PLAGAS DEL MAIZ

VALLE ..... ZONA .....  
 PREDIO ..... CAMPO .....  
 FECHA ..... EVALUADOR .....

DETERMINACIONES		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	TOTAL
100 COGOLLOS	Spodoptera	Posturas										
		Lvs. sanas										
		Lvs. Parasit.										
		Daños										
	Diatraea	Post. sanas										
		Post. parasit.										
		Daños										
Cigarritas	Grado											
Predadores	Chinches											
100 TALLOS	Diatraea	Entren. Dñds. %										
		Lvs. parasit.										
100 MAZORCAS	Heliothis	Larvas										
		Mazorc. dñds.										
	Pococera	Larvas										
		Mazorc. dñds.										
	Predadores	Chinches										
100 MTS. LINEALES	Gusanos de Tierra	Lvs./metro										
		Plant. cortds. %										
	Elasmo-palpus	Lvs./metro										
		Plant. Dñds. %										

OBSERVACIONES.



..... surco de muestreo de 10 plantas  
 ————— línea transversal de desplazamiento de 10m. de largo, o de 10 surcos

**CROQUIS A: FORMA DE CRUZAR UN CAMPO DE MAIZ PARA EVALUAR LAS PLAGAS**

PLANILLA DE EVALUACION DE PLAGAS DE LA PAPA

VALLE ..... ZONA .....

PREDIO..... CAMPO.....

FECHA..... EVALUADOR .....

DETERMINACIONES			A	B	C	D	E	TOTAL
100 TERMINALES	Scrobipal- pula	Huevos						
		Larvas						
	Pulgón	Colonias						
	Predadores	Rhinacloa						
		Nabis						
	Arañas							
200 FOLIOLOS	Scrobipal- pula	Larvas %						
	Mosca minadora	Larvas %						
	Pulgón	Colonias %						
		Controlado- tes %						
100 PLANTAS	Mosca minadora	Ad/planta						
	Epitrix	Ad/planta						
	Chrysomeli- dos	Ad/planta						
	Cigarritas	Grado						
10 MTS. LINEALES	Pthorimea	Tuberc. infest %						
	Gusanos de Tierra	Lvs./metro						
		Tuberc. dañds. %						
	Gorgojo de los Andes	Ad./metro						
		Lvs+pupas %						
	Tuberc. dañds. %							

OBSERVACIONES.....

.....

.....

.....

## ANALISIS DE LA PROBLEMATICA FITOSANITARIA

Dr. Klaus Raven  
Universidad Nacional Agraria  
La Molina.

Con el descubrimiento de los insecticidas orgánicos de síntesis y como una consecuencia de su uso indiscriminado y generalizado en agricultura, se produjo un desequilibrio en el agro-ecosistema, el cual se agravó aún más después de algunos años de su uso intensivo, con la aparición de resistencia a insecticidas en las plagas sujetas a control y con el surgimiento de nuevas plagas que previamente eran mantenidas a niveles sub-económicos por sus enemigos naturales.

Ejemplos elocuentes de este problema lo constituyen los problemas creados en el cultivo del algodón del Perú y especialmente del Valle de Cañete y de México y del sur de Texas.

En el Perú el problema se originó a partir del año 1946 con la introducción de los insecticidas orgánicos DDT y BHC y posteriormente con el uso de Toxapheno y Parathión para controlar el Arrebiatado, Dysdercus peruvianus Guer., el Picudo peruano, Anthonomus vestitus Bohm., el Pulgón de la melaza, Aphis gossypii Glov. y el Gusano de la Hoja, Alabama argillacea Hbn., insectos que en esa época constituyeron los principales problemas entomológicos del cultivo del algodón y fueron controlados hasta ese entonces con aplicaciones de insecticidas inorgánicos, como arseniatos y productos orgánicos de origen vegetal.

Conforme se generalizan las aplicaciones de los insecticidas orgánicos de síntesis las infestaciones de Heliothis virescens (Fabr.) insecto que según Wille (1941) y Lamas (1945) no constituyó un problema entomológico en años anteriores, se fueron agravando de año en año hasta constituirse en reales problemas entomológicos que a su vez requerían de aplicaciones de insecticidas para su control. Asimismo, al reducirse cada vez más las poblaciones de insectos benéficos en los valles en que se aplicaban más intensamente los "modernos insecticidas", se intensificaron las infestaciones por Mescinia peruella Schauss y Pococera atramentalis Led. que en años anteriores constituyeron plagas menores, y a su vez se crearon nuevas plagas del algodón, entre las cuales se puede citar a Argyrotaenia spheropa Meyrick, Platynota sp., Pseudoplusia includens Wlk. y Pseudococcus spp., que se constituyeron en serios problemas para el cultivo del algodón. Para su control se recurrió a cada vez mayor número de aplicaciones de insecticidas, solos o en mezcla, incrementándose progresivamente las dosis de estos. El problema fue particularmente grave en el Valle de Cañete y los vecinos Valles de Chíncha y Pisco en los cuales a pesar de efectuar en exceso de 30 aplicaciones en algunos campos durante la campaña 1955-56, se produjo el peor desastre del cultivo del algodón de la historia del Perú, a raíz de la completa aniquilación del control natural y la generación de resistencia de los insectos a insecticidas, tal como lo reportó Herrera (1958).

Un caso similar se presentó en el Valle de Río Grande en el Sur de Texas y Noroeste de México, donde antes de la introducción de los insecticidas de síntesis el Gusano Rosado, Pectinophora gossypiella (Saunders), el Picudo Mexicano, Anthonomus grandis (Boh.) y el mrido Pseudotomoscelis seriatus (Reuter) fueron las principales plagas del algodón y su control se efectuaba en base a métodos de control cultural o aplicaciones de insecticidas arsenicales, azufre o insecticidas de origen vegetal.

Con la introducción en 1945-46 de los insecticidas orgánicos clorinados para el control del Picudo Mexicano, se logró inicialmente un efectivo control de esta plaga; pero, ya hacia el final de la década del 50, el Picudo desarrollo resistencia a clorinados y forzó el uso de insecticidas orgánicos fosforados los cuales a su vez permitieron el desarrollo con caracter de plaga de Heliothis spp. al destruir sus controladores naturales, pero a la vez se mostraron poco efectivos contra la misma plaga. Este hecho obligó a su vez a efectuar aplicaciones adicionales de DDT. Posteriormente Heliothis virescens (Fabr.) que previamente no había sido registrado en los campos del algodón, adquirió resistencia al Para - thión Metílico y Carbamatos y a pesar de 18 aplicaciones, causó graves daños al cultivo durante la campaña de 1968, causando en el noroeste de México el colapso del cultivo y de las industrias conexas (Adkisson 1969, 1971).

Este fracaso de los insecticidas, sin embargo, no está limitado solo al cultivo del algodón tal como lo reseñan Huffaker (1971) y Smith (1972). Así, de las 25 especies registradas en California que causan daños en exceso de - - 1,000,000.- de U.S. Dolares al año, 21 han sido registradas como resistentes a escala mundial y de 24 de ellas son resistentes en California o su control químico contribuye al desarrollo de plagas secundarias.

Es así como el uso indiscriminado de insecticidas de amplio rango de acción, al destruir la fauna benéfica, provoca el surgimiento de nuevas plagas, las cuales al adquirir resistencia, los tornan ineficientes. Por otra parte, una vez iniciado un programa de control químico en base a productos de amplio rango de acción, en el transcurso de la misma campaña es sumamente difícil o aún imposible descontinuar las aplicaciones, en vista de que las plagas al ser liberadas de sus enemigos naturales se desarrollarían libremente causando aún mayores daños, tornando al cultivo antieconómico.

Al analizar dentro de este marco de referencia la problemática fitosanitaria y buscar soluciones alternas debemos admitir que con la introducción de los insecticidas orgánicos de síntesis no se ha solucionado la problemática fitosanitaria sino más bien se ha agravado al difundirse entre entomólogos, fitomejoradores y agricultores una concepción errónea sobre la política de control de plagas, la cual a su vez ha tenido graves repercusiones sobre la posibilidad de plantear a corto plazo y con éxito soluciones alternas para el control de plagas en una serie de cultivos.

Entre los entomólogos, al recibir por parte de la industria química fuerte apoyo e incentivos para realizar estudios y comparativos con nuevos insecticidas, se descuidaron los estudios básicos sobre la biología y hábitos de insectos plagas que son indispensables para el desarrollo de nuevos métodos y técnicas de control; disminuyó el interés en estudios sobre enemigos naturales de plagas y en estudios ecológicos; y no se produjeron estudios realistas sobre niveles económicos de daños al analizarse estos unilateralmente.

Como consecuencia de esta tendencia, en la gran mayoría de las universidades la formación de los entomólogos estaba fuertemente orientada hacia el control químico, exhibiéndose en la actualidad un déficit de profesionales con formación en áreas requeridas para elaborar soluciones alternas al control químico.

Los genetistas, al partir de la premisa de que los entomólogos, con la ayuda de los "modernos insecticidas", son capaces de controlar las plagas, pusieron mayor énfasis en el desarrollo de variedades altamente productivas, pero en las cuales generalmente se eliminaron factores de resistencia natural a plagas. Como consecuencia de esta tendencia, en la actualidad, en la cual se requiere del concurso de cualquier factor que tienda a producir condiciones adversas para las plagas, se cuenta en la gran mayoría de cultivos sólo con variedades susceptibles.

Esta situación creada en estas dos áreas profesionales íntimamente ligadas al control de plagas y producción de cultivos indudablemente ha producido un notorio atraso en el desarrollo de los conocimientos requeridos para buscar soluciones alternas al control químico.

Los agricultores, en su equivocado afán de tratar de lograr hasta el último kilogramo de producto cosechable y al mostrarse renuentes a aceptar tecnologías que no muestren efectos inmediatos y contundentes en el control de plagas, prefieren seguir las recomendaciones de los vendedores de insecticidas, efectúan sus medidas de control de acuerdo a las indicaciones de las etiquetas de los productos pesticidas o aún efectúan aplicaciones preventivas. Es así como Strong (1973) estimó que en California el 70% de las aplicaciones de insecticidas se deciden en base a recomendaciones del personal técnico de compañías vendedoras de pesticidas en tanto que sólo el 17% de las decisiones se efectúan en base a recomendaciones de asesores entomológicos independientes.

Es así como se torna nuevamente realidad la necesidad de implantar el antiguo slogan preconizado por el Dr. J.E. Wille: "El agricultor es dueño de su chacra, excepto en lo que se compete al control de plagas", para implementar campañas colectivas y sincronizadas de control de plagas, para evitar que las decisiones de un agricultor individual pueden perjudicar al vecino o a todo un valle.

El indiscriminado e indebido uso de pesticidas altamente tóxicos que dió lugar a una propaganda alarmista que se inició con el libro "Primavera Silenciosa" de Carson (1962) y posteriormente con las publicaciones de Miller & Berg - - (1969), Niering (1968), Rudd (1964) y Woodwell et al (1971) dió lugar a que políticos y legisladores advocaran por cada vez mayores exigencias en la legislación de diferentes países para el otorgamiento de licencias para la comercialización de pesticidas, lo cual ha redundado directamente en un incremento considerable en el costo de nuevos pesticidas y ha restado a la industria química el interés en producir insecticidas y pesticidas selectivos que son indispensables para integrar el Control Químico dentro de Programas de Control Integrado.

Dentro de este panorama, al reconocerse la problemática y las limitaciones del control químico, se propusieron como alternativas diversos métodos de control entre los cuales se pueden citar el Control Biológico, Control Cultural, Control Microbial; pero en la actualidad se ha llegado a la conclusión de que ninguno de ellos por sí solo puede proveer una genuina y realista solución al problema del control de plagas y por esta convicción se están canalizando las soluciones para el futuro dentro del concepto de Control Integrado, el cual deberá ser perfeccionado progresivamente conforme se logren nuevos conocimientos, particularmente en lo referente al manejo de Plagas Claves.

Un ejemplo del éxito de este tipo de programas o sistemas lo constituye la recuperación del Valle de Cañete después del desastre de la campaña de 1955-56, cuyo perfeccionamiento dependerá en el futuro entre otros de:

- 1.- La excelencia del servicio entomológico de la zona.
- 2.- La evaluación realista de daños
- 3.- Los estudios económicos sobre los métodos de control
- 4.- El desarrollo de metodologías compatibles para el control de plagas claves.
- 5.- El perfeccionamiento de los métodos de control biológico y cultural.
- 6.- El desarrollo de variedades resistentes.
- 7.- La disponibilidad de insecticidas selectivos.

Como un ejemplo de la fragilidad del sistema actualmente en uso en la costa del Perú, podemos presentar los resultados en Valle de Huaura.

En este valle, así como en todos los valles de la costa norte del Perú, el principal problema entomológico del algodónero lo constituye el "arrebatiado", Dysdercus peruvianus que generalmente se presenta en elevadas poblaciones a mediados de la campaña, causando serios daños económicos. En el pasado esta plaga fue controlada por aplicaciones de BHC al 3% en polvo, y posteriormente con aspersiones de Sevín 85 P.S. a razón de 4 libras de producto comercial por Ha., o Parathión - C.E. 50 a razón de 0.25 gal/Ha. En este valle, primordialmente atribuible a las aplicaciones de insecticidas orgánicos contra el arrebatiado y del picudo peruano Anthonomus vestitus Boh., al inicio de la década de 1950 se observaron incrementos en las poblaciones de Heliothis virescens, que a su vez también fueron controlados en algunos fundos por medio de insecticidas. En la figura N°1 correspondiente a los registros de las contadas rutinarias por el servicio entomológico del valle durante la campaña 1954-55, se muestra que las infestaciones de H. virescens al inicio de la campaña se presentaron en forma de un elevado número de huevos y en promedio de 6.5% de larvas en terminales. Las poblaciones de chinches predadores, predominantemente Rhynachloa spp. y Parathriphleps laeviusculus fueron relativamente bajas al inicio de la campaña, pero se recuperaron para alcanzar sus máximas poblaciones durante la primera semana de Febrero produciendo un marcado efecto depresor sobre las posturas del Heliothis virescens sin embargo, a partir del mes de Febrero, coincidente con el inicio de las aplicaciones de insecticidas contra el arrebatiado, se produce una rápida reducción en la población de los chinches benéficos, con un brusco incremento en los registros de oviposición y larvas de Heliothis virescens en terminales que alcanzan hasta 36%, para luego decrecer hacia el final de la campaña.

En la figura N°2 se puede constatar que los registros de huevos en terminales durante la campaña 1955-56 son sumamente elevadas, observándose un máximo registro de 170% durante la segunda semana del mes de Marzo. Asimismo se registraror

Figura N°1

VALLE DE HUAURA: Registros de infestación por Heliothis virescens y especies predatoras según contajes rutinarios de campo, Promedios de todos los campos cultivados de algodón en el valle.

CAMPAÑA 1954-1955

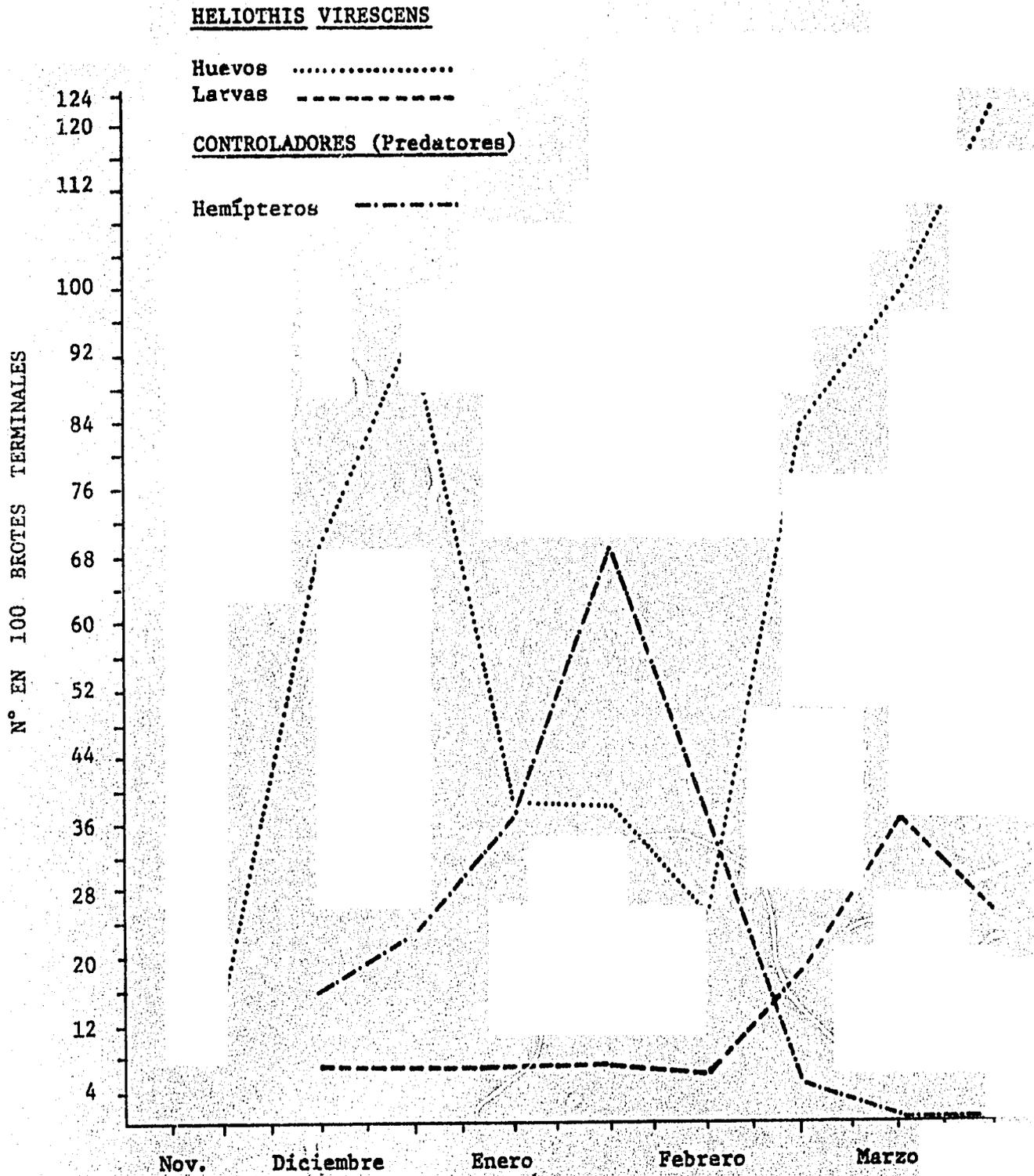
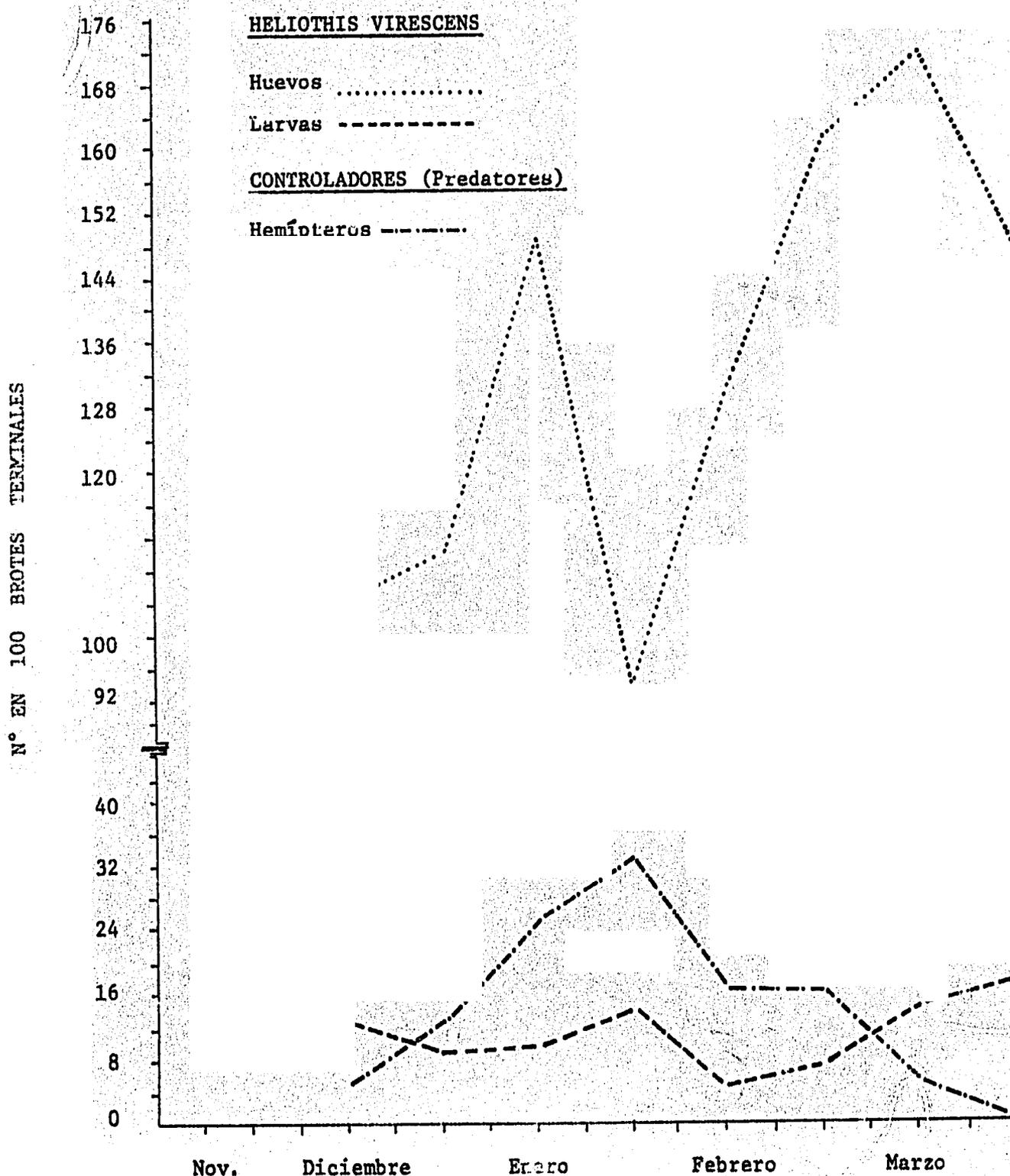


Figura N°2

VALLE DE HUAURA: Registros de infestación por Heliothis virescens y especies predatoras según contajes rutinarias de campo. Promedios de todo los campos cultivados de algodón en el valle

CAMPAÑA 1955-1956



relativamente elevadas poblaciones de larvas de esta especie en terminales, mientras que los insectos benéficos, durante toda la campaña se mantuvieron en relativamente bajas poblaciones, las cuales aún decrecieron en el mes de Marzo, y prácticamente desaparecieron hacia el final de la campaña.

Al analizar los registros de estas dos campañas, y teniendo en cuenta que corresponden a contajes promedios efectuados sobre todo el valle, se puede establecer que Heliothis virescens (Fabr) definitivamente debe haber causado infestaciones de gran importancia económica en algunas de las zonas del valle.

Después de las mencionadas campañas, a raíz de las altas poblaciones de Heliothis virescens y Mescinia peruella las aplicaciones de insecticidas orgánicos en este valle progresivamente fueron limitadas en forma exclusiva al control del arrebiado, efectuándose el control del picudo, Anthonomus vestitus así como el de las infestaciones tempranas de Heliothis virescens por medio de aplicaciones de Arseniato de Plomo, siguiendo el método descrito por Lamas (1958).

Es así como durante la campaña 1958-59, cuyos registros se consignan en la figura N°3, se puede apreciar una notable recuperación de los chinches predadores y una reducción en los registros del número de huevos y larvas de H. virescens en terminales.

Durante la campaña 1964-65 ya se pudo observar una completa recuperación del valle, registrándose sólo esporádicamente aislados focos de infestación por Heliothis virescens (Fabr.)

En la figura N°4 correspondientes a dos haciendas de la zona media del valle, se puede observar que los registros de huevos y larvas en terminales eran prácticamente insignificantes, mientras que la población de chinches predadores y arañas eran abundantes hasta el mes de marzo en que se produjo un brusco descenso, como una consecuencia de aplicaciones de insecticidas para el control del arrebiado.

Durante la campaña siguiente (1965-66) en las mismas haciendas las infestaciones por H. virescens también estaban adecuadamente controladas por sus enemigos naturales, tal como se puede apreciar en la figura N°5.

La campaña algodonera 1966-67 que se caracterizó por presentar desde los meses de Noviembre y Diciembre peligrosas poblaciones del arrebiado, es una muestra típica de la fragilidad del balance que existe en la relación predador/presa. Durante esta campaña (Fig. N°6), se efectuó en el transcurso de la primera semana de Enero una aplicación general de Parathión en la zona media del valle para reducir las poblaciones del arrebiado, Dysdercus peruvianus, y como consecuencia directa, se constató una notable reducción de las poblaciones de chinches predadores así como también de las arañas que actúan como eficientes predadores de larvas de Heliothis spp., y durante el mes de Febrero se registró un incremento de las infestaciones de esta plaga, que se mantuvieron a un nivel relativamente elevado durante todo el mes de Marzo, para luego decrecer hacia el final de la campaña.

Finalmente, se puede concluir, que el control integrado no puede ser definido como la integración de los diversos métodos para controlar una especie, sino más bien, como la integración de los métodos de control que se emplean contra la diversas plagas que afectan un cultivo, para lograr en el mismo, condiciones que permitan obtener un adecuado nivel de producción y asegurar cosechas futuras.

En base a estos conceptos no siempre se puede hablar de la importancia de una especie, en función de los daños producidos directamente, sino también se debe reconocer el concepto de daños indirectos, producidos por una o varias plagas, al no poder ser controladas debidamente para prevenir daños por otra, que pueden ser aún más funestos.

### Bibliografía

- Adkisson, P.L. (1969), How insects damage crops. Conn. Agric. Exp. Sta. Bull. 708: 155-64.
- Adkisson, P.L. (1971) Objective use of insecticides in agriculture, pp: 43-51 en J.E. Swift, ed. Agricultural Chemicals-Harmony or Discord for Food, People and the Environment. Proceedings of Symposium, University of California, Division of Agricultural Sciences.
- Carson, R. (1962), Silent Spring. Houghton Mifflin, Boston.
- Herrera, J. (1958) Resistencia de ciertas plagas del algodónero a los insecticidas orgánicos en el valle de Cañete. Rev. Per. Ent. Agr. 1: 47-51.
- Herrera, J. (1965), Investigaciones sobre los chinches del género Rhinachloa (Hemiptera:Miridae), controladores importantes de Heliothis virescens en el algodónero. Rev. Per. Ent. 8: 44-60.
- Huffaker, C.B. (1971), Biological Control. Plenum Press, New York.
- Lamas, J.M. (1945) Observaciones sobre insectos del algodónero en Chira, Piura, Pativilca, Supe y Huaura. Est. Exp. Agr. La Molina, Lima. Informe N°59.
- Miller, M.W. & G.C. Berg, editores (1969), Chemical Fallout, Charles Thomas Publisher, Springfield, III.
- Niering, W.A. (1968) The effects of pesticides. BioScience 18: 869-874.
- Rudd, R.L. (1964) Pesticides and the Living Landscape. University of Wisconsin Press, Madison.
- Smith, R.F. (1972) The impact of the green revolution on plant protection in tropical and subtropical areas. Bull. Ent. Soc. Am. 18: 7-14.
- Strong, D. (1973), Project to test growing cotton by computer. Calif. Farm. Bur. Monthly (North. St. Ed.) Sept.: 23.

Figura N° 3

VALLE DE HUAURA: Registros de infestación por Heliothis virescens y especies predatoras según contajes rutinarios de campo. Promedios de todos los campos cultivados de algodón en el valle.  
CAMPANA 1958-1959

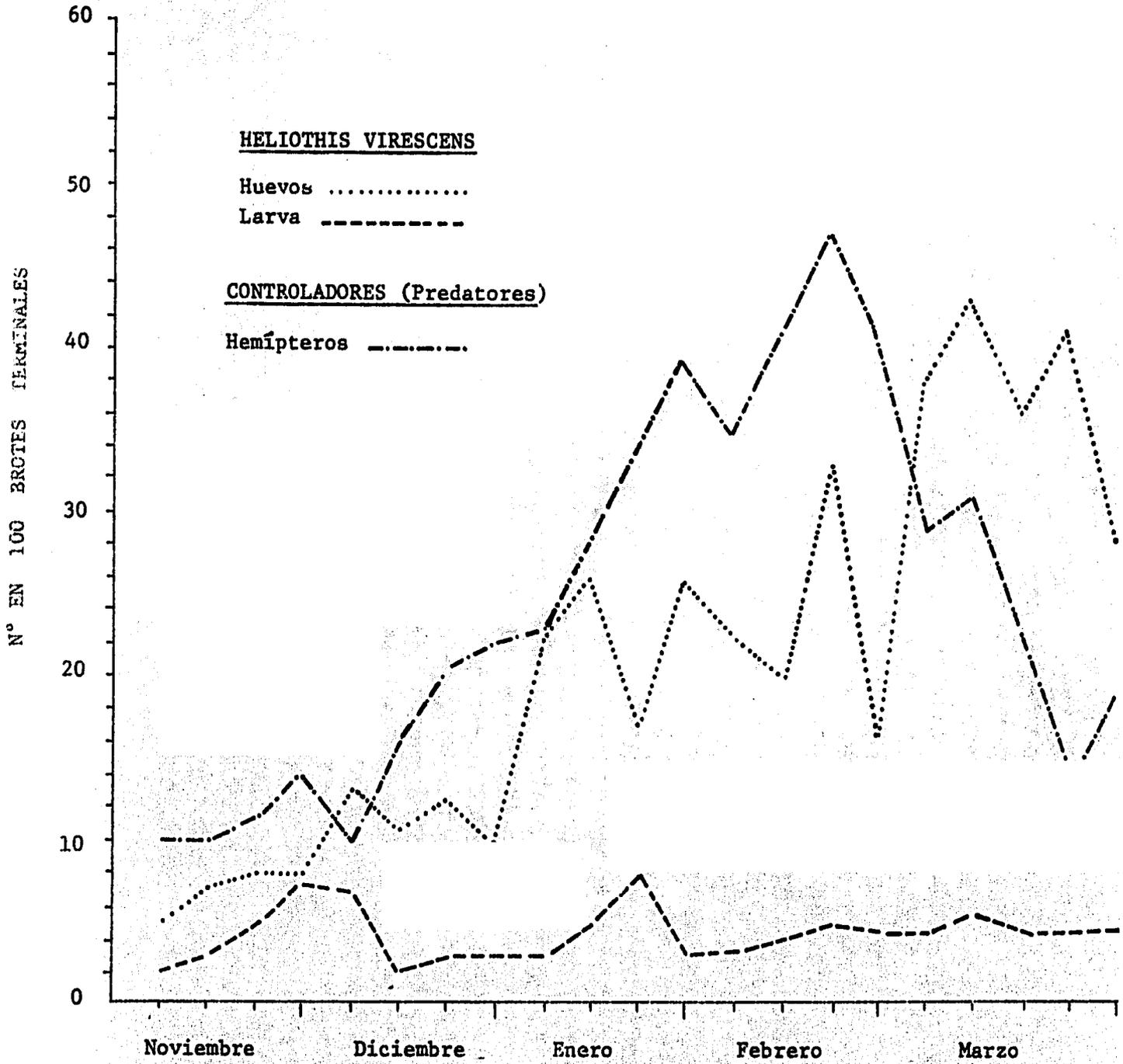


Figura N°4

VALLE DE HUAURA: Registros de Infestación por *Heliothis virescens* y especies  
predadoras según contajes rutinarios de campo. Hdas. San Roque y El Carmen.  
Promedios de todos los campos cultivados de algodón. CAMPAÑA 1964-1965

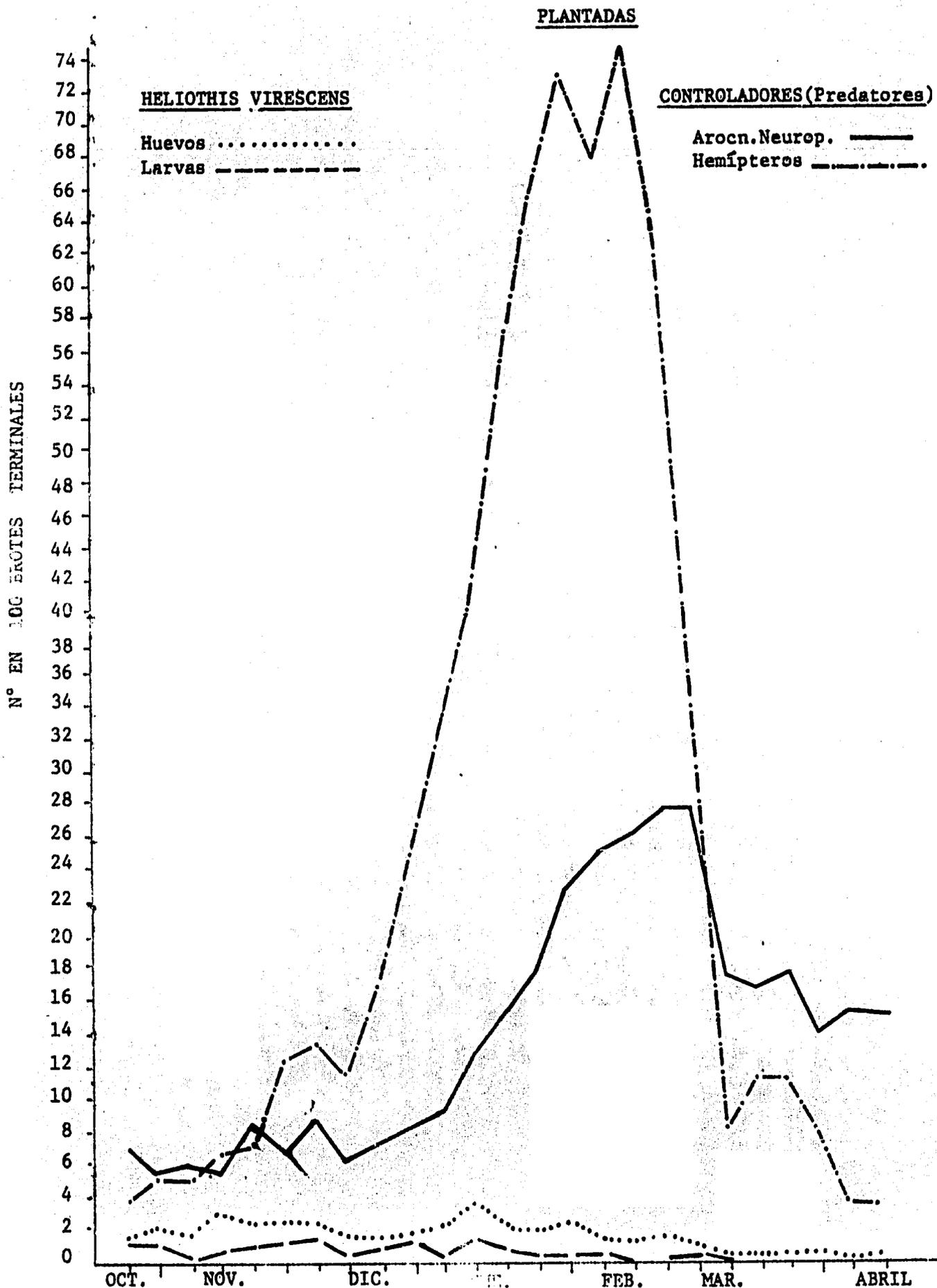


Figura N°5

VALLE DE HUAURA: Registros de infestación por *Heliothis virescens* y especies predatoras según contajes rutinarios de campo. Hdas. San Roque y el Carmen. Promedios de todos los campos cultivados de algodón.

CAMPAÑA 1965-1966

PLANTADAS

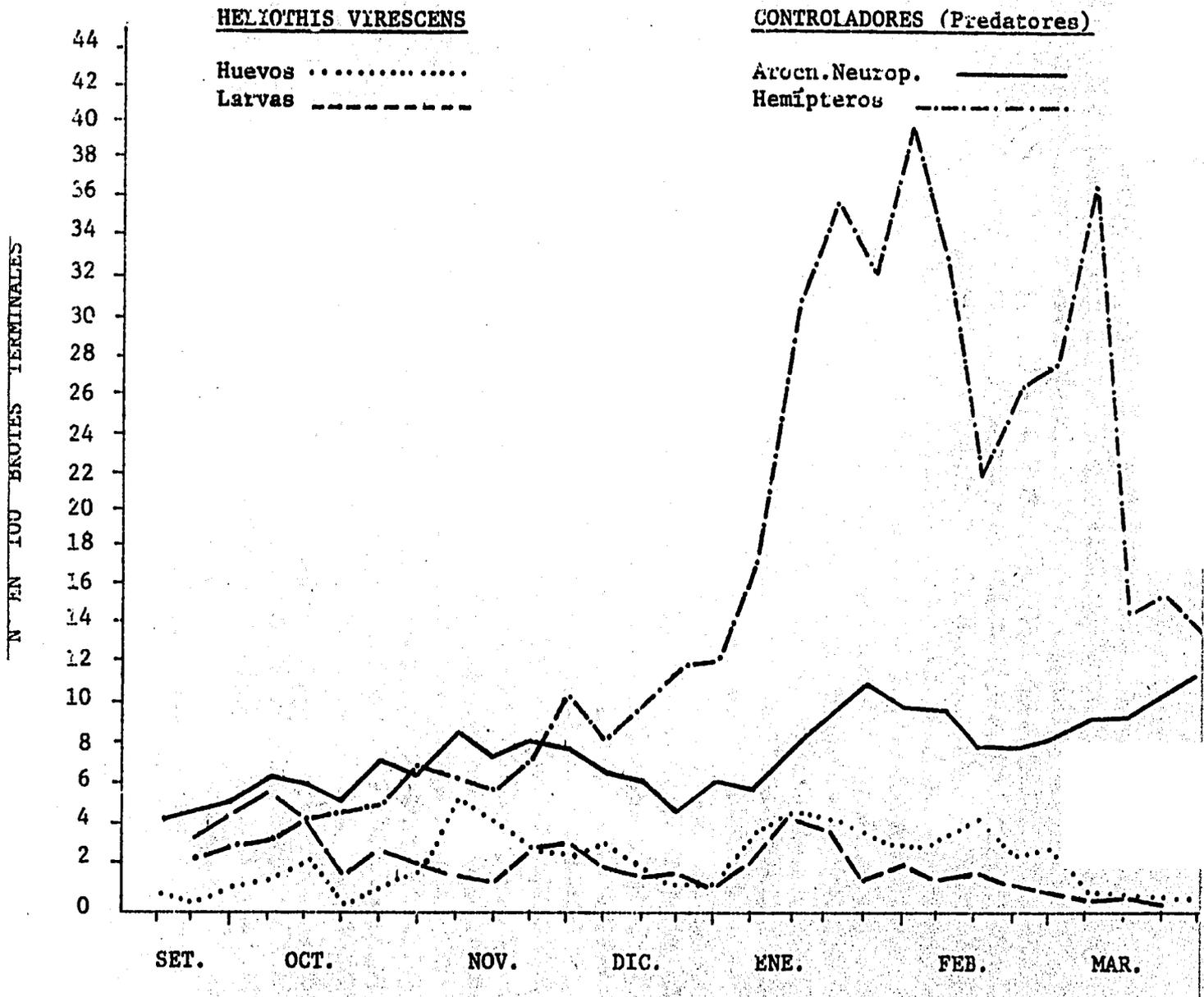
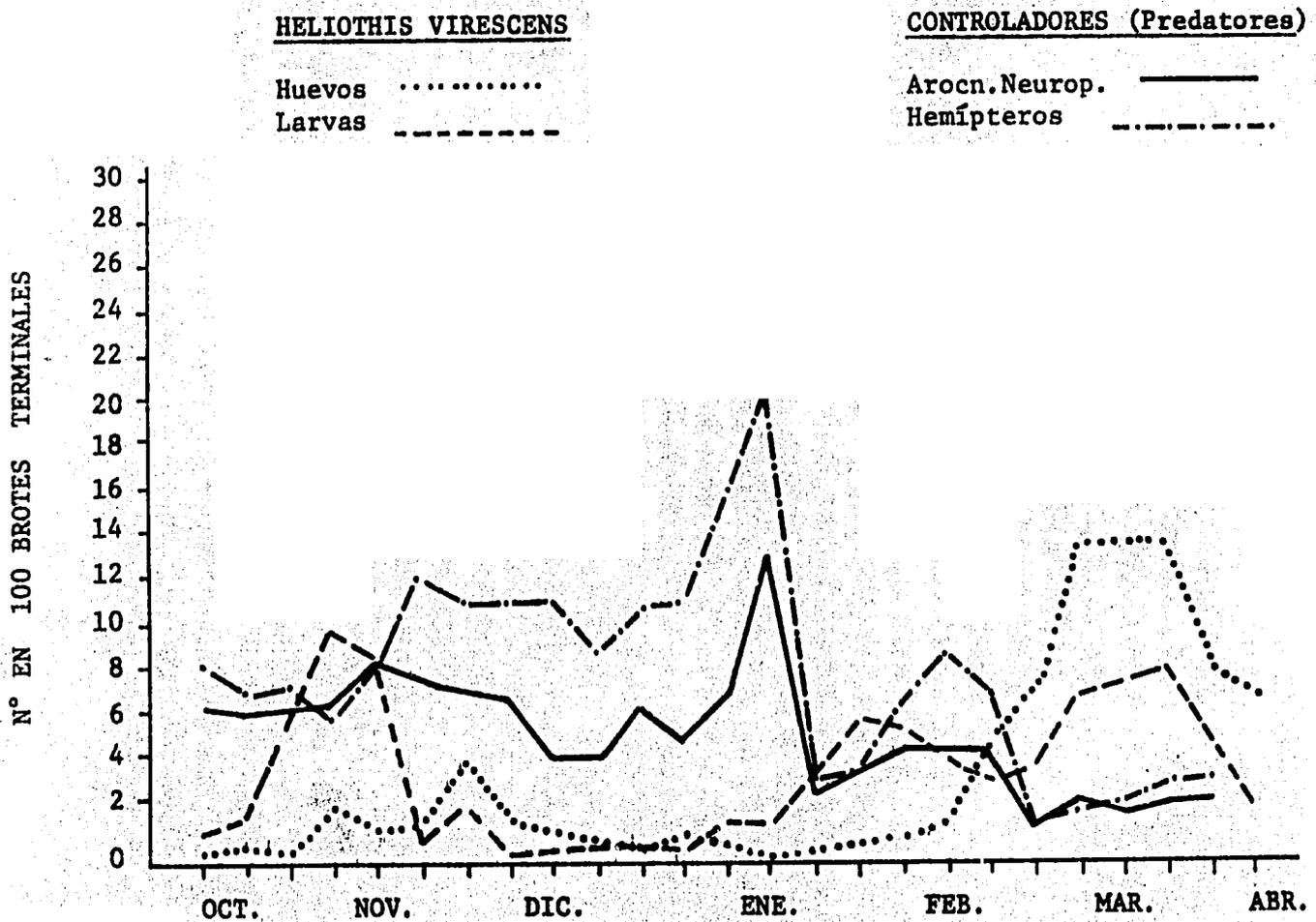


Figura N° 6

VALLE DE HUAURA: Registros de infestación por Heliothis virescens y especies predatoras según contajes rutinarios de campo. Hdas. San Roque y El Carmen. Promedios de todos los campos cultivados de algodón.

CAMPAÑA 1966 - 1967

PLANTADAS



- Wille, J.E. (1941) Tres informes de observaciones entomológicas en la costa, en 1940. Ministerio de Fomento, Dirección de Agricultura y Ganadería. Inf. N°53, 26 pp.
- Wille, J.E. (1952) Entomología Agrícola del Perú. Segunda edición. Ministerio de Agricultura, 543 pp.
- Woodwell, G.M., P.P. Craig & H.A. Johnson (1971), DDT in the biosphere: where does it go? Science 174: 1101-1107.

TERESA AMES DE ICOCHEA

Universidad Nacional Agraria  
La Molina, Lima, Perú

### Concepto de enfermedad

Enfermedad es toda alteración que se produce en el normal funcionamiento del organismo, en forma significativa y continua, lo que da como resultado un desequilibrio en las actividades metabólicas y utilización de la energía.

La enfermedad es el resultado de la interacción entre la planta que viene a ser el hospedante y un patógeno que puede ser bacteria, hongo, virus, micoplasma, nemátodo, bajo la influencia del medio ambiente que puede actuar tanto sobre la planta como sobre el patógeno dependiendo también de las características genéticas de ambos; de la planta por sus condiciones de resistencia o susceptibilidad y del patógeno por su capacidad patogénica de virulencia o no patogénica de avirulencia.

### Síntomas y signos de las enfermedades

Los síntomas son manifestaciones visibles de la enfermedad y son consecuencia de los disturbios que se suscitan en la actividad fisiológica del hospedero, por efecto de un elemento irritante de acción continua que puede ser un ser viviente como en el caso de las enfermedades bióticas o un agente inanimado que causaría el tipo de enfermedades abióticas.

Ciertos síntomas son determinantes de un tipo específico de patógeno, pero en general diferentes patógenos pueden causar síntomas similares, de ahí que es necesario conocer la identidad del organismo causal o de la causa de la enfermedad para aplicar las medidas de control apropiadas.

En general se han agrupado los síntomas en: Necrosis, atrofas e hipertrofas.

La necrosis se refiere a la muerte de células o tejidos y se manifiesta en sus formas de pudrición, chancros, chupadera (damping-off), muerte regresiva, (die-back) cuarteaduras, perforaciones, quemaduras, manchas, etc.

La pudrición es desorganizada del tejido y da como resultado la destrucción de la zona comprometida. La pudrición puede ser del tipo blando o duro, lo cual depende en muchos casos de la clase de organismo que la provoca. El chancro es una lesión hundida que se presenta generalmente en tejido leñoso, aunque en algunos casos también puede estar presente en tejidos herbáceos. La chupadera o estrangulamiento del cuello de la planta es un síntoma muy común en plántulas, provocada generalmente por organismos que se desarrollan a poca profundidad del suelo. La muerte regresiva es un tipo de necrosis que comienza por la parte apical de la

planta y avanza hacia abajo. La cuarteadura es una fisura que se presenta en los troncos de los árboles o en órganos carnosos y puede deberse al ataque de patógenos o a condiciones de medio ambiente. También se presentan por mal manejo del riego. La quemadura es una necrosis que se presenta en el ápice y borde de las hojas por efecto de las heladas, sol intenso o productos químicos que se usan como herbicidas y fitosanitarios. Las perforaciones son la consecuencia de manchas necróticas que se han desprendido y caído dejando zonas huecas en la lámina foliar.

Las atrofas se manifiestan como subdesarrollo de la planta, de los órganos de la planta o de la sustancia que ella elabora, pudiendo presentarse en la forma de enanismo, arrosamiento, clorosis, etc.

El enanismo es un síntoma atrófico en el que la planta no alcanza su tamaño normal, es característico de algunos virus o deficiencia de nutrientes. El arrosamiento se refiere al acortamiento de los entrenudos de tal manera que las ramas laterales se encuentran muy próximas entre sí dando a la planta o parte de ella la apariencia de roseta. La clorosis es también un síntoma atrófico en el que hay sub-producción de clorofila y se manifiesta como pérdida del color ver de normal ya sea en la forma de amarillamiento uniforme, mosaico, aclareo o de anillos cloróticos. El aborto de flores y caída prematura de los frutos también son considerados como síntomas atróficos.

La hipertrofia constituye otro grupo de síntomas y se refiere a un aumento en el desarrollo de ciertos órganos de la planta o a las sustancias que elabora, manifestándose en la forma de tumores, encrespamiento, proliferación y cambio de color.

Los tumores pueden producirse por efecto de un aumento en el tamaño de las células o en el número de estas. El encrespamiento es una consecuencia del crecimiento excesivo del tejido parenquimatoso de la hoja en relación con las nervaduras que mantienen su ritmo normal de crecimiento. La proliferación o escoba de brujas se manifiesta como un aumento en el número de órganos que emergen de una misma yema. El cambio de color es un aumento en la cantidad de pigmentos que produce la planta.

El signo es una enfermedad se refiere a la presencia del patógeno en la parte afectada de la planta, este signo puede estar constituido por unidades propagativas del patógeno o un conjunto de ellas.

### Etiolog

La etiología se refiere a la causa de la enfermedad. En muchos casos el medio ambiente es suficiente para iniciar una enfermedad, constituyendo lo que se conoce como enfermedades abióticas.

Otra de las causas de las enfermedades son los virus que son partículas de ácido nucleico rodeado de una cápsula proteica. Tienen la particularidad de replicarse, utilizando los mismos nucleótidos y aminoácidos de la planta hospedante

y pueden ser de invasión localizada o sistémica. Producen síntomas como clorosis en sus diferentes modalidades, manchas necróticas, necrosis apical y de las nervaduras, enanismo, etc. Son generalmente transmitidos por insectos, aunque otras formas comunes de transmisión son la mecánica, por órganos propagativos provenientes de plantas enfermas, por hongos, nemátodos, etc.

Los micoplasmas son formas L de bacterias, son unicelulares y se multiplican por fisión; están desprovistos de pared celular pero tienen doble membrana, de ahí su gran plasticidad que les permite adoptar formas diversas y atravesar filtros a prueba de bacterias. En la mayoría de los casos producen síntomas de amarillamiento (Yellow) que se caracterizan por el aclareo de nervaduras y amarillamiento general de las hojas; enanismo, cese de floración, flores virescentes, rompimiento del periodo de latencia de las yemas axilares y desarrollo erecto anormal. Se señala que son transmitidos por insectos, especialmente cigarritas.

Las bacterias sobre todo Eubacteriales y Actinomycetales son la causa de enfermedades en las plantas. Las bacterias son organismos unicelulares que poseen pared celular muchos de ellos provistos de flagelos y que tienen una alta capacidad de multiplicación de ahí que pueden consumir gran cantidad de substrato en muy corto tiempo. El síntoma más importante que presentan es la pudrición, aunque también algunas especies producen hipertrófias. Atacan preferentemente las partes subterráneas de la planta pero muchas de ellas pueden causar lesiones en las partes aéreas en la forma de manchas foliares y de los tallos. Generalmente son de efecto localizado pero tienen la capacidad de desplazarse por el tejido vascular. La transmisión se realiza comunmente por el agua de riego, semilla infectada y en algunos casos por insectos.

Los hongos constituyen el grupo más importante de patógenos puesto que son la causa de la mayoría de las enfermedades de las plantas. Son organismos uni o multicelulares cuyo talo está constituido por filamentos que en conjunto forman el micelio. Poseen estructuras propagativas que son las conidias o esporas; estructuras de conservación como esclerotes que pueden permanecer en estado de latencia por mucho tiempo; estructuras reproductivas que al originar gametos aumentan las posibilidades de variabilidad y formación de razas patogénicas nuevas.

Los hongos atacan a cualquier parte de la planta, al sistema radicular provocando pudrición de las raíces o raicillas; al sistema vascular, causando oclusión o destrucción de los vasos lo que da como resultado la marchitez; a los tallos produciendo diferentes tipos de lesiones; a las hojas en las que producen manchas foliares, pústulas en el caso de las royas, manchas pulverulentas como en el caso de los oidiums, manchas afelpadas los mildius; en las flores provocan pudrición y aborto; en las inflorescencias especialmente de gramíneas, los carbones, etc. Los hongos se diseminan facilmente por el viento, agua de riego, insectos, animales mamíferos, el hombre, etc. y su capacidad de propagación es enorme.

#### Patogenesis

Una vez que el patógeno ingresa en la planta, comienza a desarrollarse y produce sustancias como toxinas enzimas, auxinas hormonas, etc. que tienen la finalidad

de matar a las células o degradar el contenido de las mismas con el objeto de que sean absorbibles y utilizadas por el patógeno, alterando así la fisiología de la planta.

Entre los muchos efectos de la patogenesis se puede enumerar la desorganización de los tejidos que es una consecuencia de la desintegración de la lámina media, pared celular y contenido celular; alteración de la biosíntesis y metabolismo lo que imposibilita satisfacer adecuadamente las necesidades de la planta y que se traduce en un bloqueo o disminución de la fotosíntesis y en un aumento en la velocidad de respiración; desequilibrio en el balance hídrico como consecuencia de la destrucción de las raíces y/u oclusión vascular dando como resultado marchitez, etc.

Pero así como el patógeno tienen capacidad para atacar a la planta esta a su vez cuenta con ciertos mecanismos para defenderse que se traducen como inmunidad, resistencia o tolerancia, sin embargo el patógeno también puede producir por mecanismos de mutación, hibridación, heterocariosis y parasexualidad razas más virulentas capaces de romper la resistencia de la planta.

#### Control

El control de las enfermedades de las plantas involucra la aplicación de uno o más de los siguientes principios: Escape, Exclusión, Erradicación, Protección, Resistencia o terapia.

El escape consiste en impedir la coincidencia en el tiempo de planta y patógeno y se puede llevar a cabo teniendo conocimiento de las condiciones de medio ambiente que sean desfavorables para el desarrollo del patógeno y cultivando las plantas en la época en que se presenten estas condiciones. Otra forma de escape es el de cultivar en áreas donde el inóculo es raro, infectivo o ausente.

La exclusión es una medida que consiste en evitar que una enfermedad ingrese en una zona donde no existe, lo que se puede obtener limitando la movilización de semilla o partes de planta usadas como material de propagación vegetativa por medio de medidas cuarentenarias que son medidas de carácter legal que condicionan, regulan, restringen o prohíben la introducción de plantas enfermas. La inspección es también una medida de exclusión que tiene por objeto localizar las enfermedades en los campos de cultivo y evitar su movilización. El empleo de semilla certificada y el tratamiento de la semilla por métodos químicos tiene por objeto destruir los patógenos y evitar su diseminación.

La erradicación es un método preventivo que consiste en reducir, inactivar o eliminar el inóculo en la fuente misma donde se produce y puede llevarse a cabo empleando medidas culturales y productos químicos. La rotación de cultivos, eliminación de hospederos alternantes, quema de rastrojos, destrucción de malas hierbas, araduras profundas tienen la función de disminuir el potencial de inóculo y pueden en ciertos casos reducir considerablemente la incidencia de las enfermedades.

La protección también es una medida preventiva que consiste en interponer una barrera entre el hospedero y la planta para lo que se usan productos químicos para tratamiento de la semilla, tratamiento del suelo, tratamiento foliar que impiden el desarrollo de los patógenos.

La resistencia es una de las medidas más importantes tanto por su efectividad como por el bajo costo que representa su aplicación. La resistencia es generalmente controlada por los genes, luego si se compara una variedad resistente con una susceptible hay diferencias en los procesos fisiológicos, naturaleza estructural, hábitos de la planta y por ende la efectividad del inóculo se ve alterada. La resistencia a las enfermedades puede ser vertical cuanto es gobernada por uno o más genes mayores, es un tipo de resistencia de alto grado, estable bajo condiciones adversas de medio ambiente y efectiva contra algunas razas del patógeno. La resistencia horizontal a diferencia de la anterior es gobernada generalmente por genes menores, es activa contra la mayoría de razas de un patógeno pero en bajo grado, no es estable pues puede ser suprimida por efecto del medio ambiente especialmente la temperatura. Las variedades resistentes pueden ser obtenidas por selección y por hibridación. En el primer caso se seleccionan las plantas sobrevivientes o más vigorosas de un campo sometido a infestación natural o artificial y el segundo caso consiste en transferir genes de resistencia de una variedad a otra con características cualitativas deseables.

Es justo señalar que muchas veces una variedad que ha sido resistente por algún tiempo a un patógeno determinado resulta al cabo susceptible al mismo, sin embargo este fenómeno no está relacionado a la pérdida de la resistencia en sí, si no más bien a un cambio en las características patogénicas del agente causal, fenómeno relacionado con la variabilidad genética del patógeno.

La terapia es una medida de carácter curativo que consiste en eliminar el patógeno que ya se ha establecido en la planta o en reducir la severidad del ataque en plantas infectadas. El tratamiento con calor y la cirugía son métodos que se emplean con este propósito. La quimioterapia es un método de control que consiste en el uso de sustancias químicas que ejercen su acción dentro de la planta con el objeto de destruir el patógeno una vez que ha ingresado en la planta. El desarrollo de diversos productos sistémicos en la última década está proporcionando una efectiva forma de control porque estos productos actuarían inactivando las toxinas del patógeno o alterando en cierta forma el metabolismo del hospedero.

## FITOPATOLOGIA APLICADA

TERESA AMES DE ICOCHEA

Universidad Nacional Agraria  
La Molina, Lima, Perú

Bajo este tópico se agrupan las enfermedades que atacan a las plantas que se cultivan con fines alimenticios e industriales e incluye aspectos sobre distribución geográfica, sintomatología, etiología, rango de hospederos del patógeno, epidemiología, histopatología y control.

En relación con la distribución geográfica, hay enfermedades cuyo agente causal es capaz de adaptarse a condiciones diversas de medio ambiente, que pueden estar relacionadas con la longitud, latitud, altitud y como consecuencia son de distribución mundial, es el caso de la chupadera fungosa, causada por Rhizoctonia solani, que ha sido determinada en la mayoría de países, incluyendo los trópicos, zonas tórridas y templadas. En cambio hay otras enfermedades que están restringidas a zonas definidas, debido a que el agente causal tiene requerimientos específicos en cuanto a temperatura, humedad, longitud del día, composición del suelo, etc.

El rango de hospederos se refiere a las distintas especies botánicas que pueden ser atacadas por un mismo agente. Existen patógenos que tienen la capacidad de ser polífagos y como consecuencia pueden causar enfermedad en diferentes cultivos, los que en muchos casos no tienen relación entre sí. Uno de estos es Sclerotium rolfsii, del que se han determinado como hospederos, alrededor de 200 especies botánicas comprendidas en más de 40 familias. Igualmente se puede decir que hay patógenos que son altamente específicos y que sólo parasitan un número muy restringido de hospederos por ej. aquellos que causan las royas. Esta diferencia radica en la especialización fisiológica que tiene relación con las exigencias nutricionales de los distintos patógenos y que a su vez tiene como factor limitante la composición química del hospedero y la capacidad enzimática del patógeno.

La etiología se refiere a la causa de la enfermedad que puede ser de origen abiótico por efecto del medio ambiente, puede ser un virus o un organismo vivo. El determinar la causa permite aplicar los métodos más convenientes para el control de la enfermedad.

La sintomatología es en algunos casos definida para los distintos tipos de enfermedades, por ej. las enfermedades vasculares y radicales daran invariablemente un cuadro de marchitez parcial o total, igualmente las royas, carbonés, mildiús, tienen características especiales, pero generalmente la sintomatología puede ser indicativa de un determinado tipo de enfermedad.

La epidemiología se refiere a aspectos sobre transmisión de la enfermedad y todas aquellas condiciones que intervienen en la penetración, invasión, supervivencia y diseminación del agente causal. La transmisión puede realizarse de diferentes maneras y por diferentes medios de acuerdo al tipo de patógeno y hábito de desarrollo.

del mismo. La penetración e invasión o colonización dependen también del hábito de desarrollo del patógeno y de las características intrínsecas de la planta en relación con su resistencia o susceptibilidad.

La histopatología describe la forma como se desarrolla el patógeno en el hospedero y los cambios que se suscitan en este por efecto de la interacción hospedero-parásito. Indudablemente que los diferentes patógenos tienen diferente forma de actuar durante el proceso de patogénesis por ej. aquellos que producen pudrición radicular destruyen generalmente la lámina media y pared celular por medio de enzimas; los que atacan al sistema vascular lo hacen ya sea ocluyendo el lumen de los mismos o segregando toxinas que destruyen el tejido; hay también patógenos que invaden los espacios intercelulares y absorben el contenido celular ya sea directamente o por medio de estructuras especializadas.

El control se refiere a los distintos métodos para contrarrestar las enfermedades en términos de prevención o curación, los cuales pueden llevarse a cabo empleando medidas culturales o interponiendo un agente químico que tenga efecto letal sobre el patógeno o que impida su multiplicación y posterior diseminación.

A continuación se incluye una lista de las principales enfermedades que atacan a los cultivos más importantes.

Ag. Causal

Hospedante

Síntomas

Control

**BACTERIOSIS**

Pseudomonas  
solanacearum

Papa  
Tomate  
Plátano

Marchitez debido a Pudrición radicular y vascular.  
Exudado bacteriano de las yemas de tubérculos de papa y en pseudo tallos de banano.  
"Pudrición bacteriana" en papa y tomate, "Moko en plátano".

Cuarentena, Inspección, empleo de semilla sana, Rotación.

Erwinia  
carotovora

Papa

Pudrición negra que se inicia en base del tallo y puede prolongarse hacia arriba abarcando tejido vascular y médula, marchitez  
"Pierna negra".

Evitar humedad excesiva del suelo. Tratar semilla cortada con fungicidas o suberizada antes de siembra. Rotación por 2 años. Entresacar plantas afectadas.

Agrobacterium

Melocotonero  
Círolero  
Vid

Agallas en el cuello de las plantas de melocotonero. En círolero y vid las agallas son más pequeñas y pueden estar presentes en los tallos.  
"Agalla de la corona"

Cuarentena, Entresaque y destrucción de plantas enfermas en los viveros.

**MICOSIS**

Synchytrium  
endobioticum

Papa

Concrecencias en tubérculos.  
"Verruga".

Rotación. Empleo de semilla sana.

Plasmodiophora  
brassicae

Col  
Coliflor

Agallas en las raíces, amarillamiento de las hojas externas.  
"Hernia de la col".

Rotación.

Spongospora  
subterranea

Papa

Pústulas polvorientas en la superficie de los tubérculos.

Rotación, desinfección de semilla

Ag. Causal	Hospedante	Síntomas	Control
<u>Pythium</u> sp.	Diversos cultivos inc. papa, hortalizas, frutas.	Pudrición radicular, chupadera, Marchitez.	Desinfección del suelo con Dexon.
<u>Phytophthora infestans</u>	Papa Tomate Berenjena Pepino	Afelpamiento en la cara inferior de las hojas, en tallos y peciolo "Mildiu", "Hielo Funfoso" o "Rancha"	Carbamatos de Zn y Mn (Dithane #45 Polyram Combi) Cúpricos.
<u>P. erytroseptica</u>	Papa	Los tubérculos presentan coloración rosada en la superficie de corte "Pudrición rosada".	Rotación - semilla sana. Desinfección de semilla - Variedades resistentes.
<u>P. parasitica</u>	Naranja	Grietas con exudaciones gomosas en la base del tronco "Gomosis".	Evitar naranja dulce como patrón, alejar riego de base de la planta, proteger troncos con pastas a base de fungicidas. Cirugía.
<u>Peronospora</u> spp.	Diversos cultivos	Eflorescencia plomiza, cremosa o violacea con cara inferior de las hojas, clorosis en la cara superior. "Mildiu".	Fungicidas cúpricos o Carbamatos.
<u>Pseudoperonospora cubense</u>	Diversas cucurbitáceas	Eflorescencia plomiza en cara inferior de las hojas. "Mildiu".	Fungicidas cúpricos o Carbamatos.
<u>Plasmopara viticola</u>	Vid	Eflorescencia plomiza en cara inferior de las hojas. "Mildiu".	Fungicidas cúpricos o Carbamatos.
<u>Rhizopus</u> spp.	Frutos cosechados	Pudrición	Dicloronitro anilina (Botran)

Ag. Causal	Hospedante	Síntomas	Control
<u>Taphrina deformans</u>	Melocotonero	Encrespamiento y engrosamiento de hojas apicales que generalmente toman coloración rosada o cremosa. "Cloca".	Carbamatos de Zn y Mn (Dithane M-45) Aplicaciones: 1 después de la poda como preventivo y después de floración.
<u>Erysiphe spp.</u>	Diversos cultivos	Pulverulencia blanco plumiza en hojas, tallos, peciolo, pétalo, etc. "Oidiosis".	Benzimidazoles (Benlate) Azufrados-Azufre + cal. Kumulus.
<u>Sphaerotheca pannosa</u>	Fresa, rosa Otras rosáceas	Pulverulencia blanco plumiza en hojas, tallos, peciolo, pétalo, etc. "Oidiosis".	Benzimidazoles (Benlate) Azufrados-Azufre + cal. Kumulus.
<u>Podosphaera leucotricha</u>	Manzano	Pulverulencia blanco plumiza en hojas, tallos, peciolo, pétalo, etc. "Oidiosis".	Azufrados.
<u>Uncinula necator</u>	Vid	Pulverulencia blanco plumiza en hojas, tallos, peciolo, pétalo, etc. "Oidiosis". Resquebrajadura de frutos.	Azufrados, quinoaldehidos (Morestan)
<u>Claviceps purpurea</u>	Gramíneas: trigo, cebada, centeno	Presencia de esclerotes en las inflorescencias "Cornezuelo".	Selección de semilla.
<u>Sclerotinia sclerotiorum</u>	Cultivos diversos	Lesiones húmedas recubiertas de masa micelial de color blanco y esclerotes negros chatos.	Rotación, araduras profundas para enterrar esclerotes. Benzimidazoles (Benlate), Morfolinas (Calixin).
<u>Micosphaerella musicola</u>	Plátano y otras musáceas	Manchas necróticas en las hojas, las hojas se flequean por efecto de viento en el tejido necrótico.	Cúpricos Variedades resistentes.

Ag. Causal	Hospedante	Síntomas	Control
<u>Puccinia</u> <u>graminis</u>	Cereales diversos	Pústulas alargadas de color herrum- bre en hojas y tallos. En tallos ma- duros las pústulas son casi negras. "Roya negra".	Variedades resistentes. Control químico con carbamatos y anilidas (Plantvax) es efectivo pero puede resultar antieconómico
<u>Puccinia</u> <u>recondita</u>	Trigo	Pústulas redondeadas de color herrum- bre especialmente en las hojas. Roya morena.	Variedades resistentes. Control químico con Carbamatos y anilidas (Plantvax) pero puede resultar antieconómico.
<u>Puccinia</u> <u>striiformis</u>	Trigo	Pústulas amarillas pequeñas en las hojas y base de las glumas. Roya amarilla.	Variedades resistentes. Control químico con Carbamatos y anilidas (Plantvax) pero puede resultar antieconómico.
<u>Uromyces</u> spp.	Diversos cultivos	Pústulas anaranjadas o herrumbre y marrón oscuro especialmente en cara inferior de las hojas. "Royas".	Variedades resistentes. Control químico con Carbamatos y anilidas (Plantvax) pero puede resultar antieconómico.
<u>Ustilago</u> spp.	Diversos cultivos especialmente en cereales	Bolsas carbonosas especialmente en granos de gramíneas "Carbón"	Variedades resistentes anilidas (Vitavax)
<u>Tecaphora</u> <u>solani</u>	Papa Oca	Tallos subterráneos y tubérculos hi- pertrofiados que muestran al corte zonas internas carbonosas en forma de estrías. "Gangrena".	Variedades resistentes. Rotación, empleo de semilla sana.
<u>Ascochyta</u> <u>pisi</u>	Arveja	Lesiones circulares con el centro color salmón en vainas. Manchas ne- cróticas en hojas y tallos. "Antrac- nosis".	Carbamatos a base de Maneb o Zineb. Tiben- dazol (Tecto 60). Semilla procedente de za- nas donde no se presenta la enfermedad.

Ag. Causal	Hospedante	Síntomas	Control
<u>Colletotrichum lindemuthianum</u>	Frijol Arveja	Lesiones circulares con el centro color salmón en vainas. Manchas necróticas en hojas y tallos. "Antracnosis".	Carbamatos a base de Maneb o Zineb. Tibendazol (Tecto 60). Semilla procedente de zonas donde no se presenta la enfermedad.
<u>Botrytis cinerea</u>	Cultivos diversos	Pudrición de hojas y tallos jóvenes. Pudrición de la flor produce aborto y caída de frutos pequeños.	Benzimidazoles, Tibendazol (Tecto 60).
<u>Rhizoctonia solani</u>	Diversos cultivos especialmente al estado de plántula	Lesiones hundidas marrón rojizo en el cuello de la planta. Estas lesiones en plántulas provocan la muerte de las mismas.	PCNB - Sulfuro de metil arsina (Rhizoctol).
<u>Sclerotium rolfsii</u>	Diversos cultivos	Micelio blanco con apariencia de telaraña y gran cantidad de esclerotes como granitos de mostaza en el cuello de la planta y todo órgano en contacto con superficie del suelo.	PCNB - Sulfuro de metil arsina (Rhizoctol).
<b><u>VIROSIS</u></b>			
Tristeza (Tristeza virus)	Cítricos	Decaimiento general de la planta, hojas cloróticas y coriáceas, nervadura central amarillenta.	Empleo de patrones tolerantes. Protección cruzada.
Psorosis	Cítricos	Escarificación de la corteza, formación de goma, concavidades en el tronco.	Uso de patrones y yemas libres de virus.
Exocortis	Cítricos	Rajaduras verticales en portainjertos, escamaduras, enanismo.	Uso de patrones y yemas libres de virus.

Ag. Causal	Hospedante	Síntomas	Control
Hoja abanicada (Fan leaf)	Vid	Bordes de las hojas profundamente <u>den</u> tados y nervaduras anormales que le dan apariencia de abanico.	Uso de yemas libres de virus. Abonamiento fuerte para aumentar vigor de la planta.
Hoja enrollada (Leaf roll)	Vid	Pigmentación roja de las hojas con excepción de las nervaduras. Enro-llamiento hacia abajo.	Uso de yemas libres de virus.
Hoja blanca (White leaf)	Arroz	Manchas y bandas cloróticas en hojas las que luego se ponen completamente blancas.	Variedades resistentes.
Mosaico de la caña (Sugar cane mo- saic)	Caña de Azucar	Manchas cloróticas irregulares, para- lelas a la nervadura central, se jun- tan y forman bandas. En variedades muy susceptibles manchas rojas en los tallos.	Variedades resistentes e inmunes.
Mosaico del frijol (Bean common mo- saic)	frjol y algunas otras legumbres	Areas irregulares verde claro que al- ternan con áreas verde normal en ho- jas. Mosaico rugoso en variedades muy susceptibles.	Eliminación de vectores, Roguing, Semilla proveniente de áreas libres.
Mosaico del tabaco (Tobacco mosaic)	Tabaco, to- mate, ají	Mosaico, ampolladuras, distorsión de hojas. Enanismo. Formación de hojas tipo helecho en casos severos en to- mate.	Fumigación. Camas de almácigo. Evitar des- hierbo a mano, usar herbicidas. Tratamien- to de semilla de tomate con calor o solu- ción 1% de ortofosfato trisodico. Trata- miento de almácigo con leche. Variedades resistentes.

Ag. causal	Hospedante	Síntomas	Control
Virus X Potato Virus X	Solanaceas	Mosaico internerval. Algunos strains causan rugosidad o encarrujamiento de hojas, necrosis apical.	Certificación. Variedades resistentes. Evitar rozamiento de plantas.
Virus Y Potato Virus Y	Solanaceas	Necrosis especialmente en las nervaduras, o necrosis severa en hojas y tallos en variedades muy susceptibles. Mosaico y rugosidad en ají.	Certificación. Variedades resistentes. Evitar rozamiento de plantas.

EL PAPEL DE LA RESISTENCIA DE LA PLANTA  
HOSPEDERA EN LOS SISTEMAS DE CONTROL  
INTEGRADO

J. Lawrence Apple

Profesor de Genética y Fitopatología  
Coordinador de Programas Internacionales  
Director Asociado de Investigación  
Universidad del Estado de Carolina del Norte en Raleigh

La resistencia del hospedero es quizás el componente más importante en cualquier sistema de control integrado, y es conveniente en términos económicos y no deleterea del medio ambiente. Se puede posiblemente desafiar esta afirmación citando muchas plagas de cultivos ya sean insectos o fitopatógenos contra las cuales no tenemos variedades resistentes que podemos utilizar en los programas de control. A pesar de ser verdad, este argumento falla al reconocer que cualquier planta, cultivada o especies relacionadas no cultivadas, son susceptibles a sólo un pequeño número de las partes potenciales que podrían atacarla. Cuando aceptamos el hecho de que la susceptibilidad de la planta hospedera es la excepción y no la regla y revisamos la historia de las variedades resistentes a plagas, el desarrollo de genotipos resistentes se convierte en el logro más plausible en el manejo de las poblaciones de las plagas.

El mejoramiento de las plantas resistentes a las enfermedades comenzó a fines del siglo diecinueve y se convirtió en un área activa de investigación durante las tres primeras décadas de este siglo. El número de variedades, tanto de cultivos principales como de cultivos menores, que fueron seleccionados por su resistencia a una o más enfermedades (o razas fisiológicas) son ahora innumerables. Ellos constituyen, de hecho, la táctica principal del rango de enfermedades.

Plantas resistentes a los insectos también fueron reconocidas desde el siglo diecinueve. Existe un informe reportando una variedad de manzana resistente al Pulgón Lanífero, el cual es quizás el primer ejemplo registrado. A mediados del siglo diecinueve se encontró que algunas especies de vid de los Estados Unidos eran resistentes a la Phylloxera sp. en contraste con las especies vinícolas de Europa. En los Estados Unidos se cultivó trigo resistente a Hessian Fly (Mayetiola destructor) durante la década de 1880.

El desarrollo de variedades de los principales cultivos con resistencia a las principales enfermedades fue incrementado durante la década de 1930 y especialmente después de la II Guerra Mundial; pero no se puso igual énfasis en el desarrollo de variedades resistentes a los insectos. Esto es difícil de explicar; pero algunos de los factores que influyeron: (1) que los mejoradores de las plantas están más inclinados a la búsqueda de resistencia a las enfermedades que a la de resistencia a los insectos; porque las plantas hospederas, los patógenos y el entrenamiento técnico de los mejoradores de plantas generalmente pertenecen al campo de la botánica; (2) La resistencia

de los hospederos a los patógenos es generalmente más específica y está más claramente delineada que la resistencia a los insectos; (3) generalmente es más difícil de probar las poblaciones de plantas para su resistencia a los insectos que a su resistencia a los patógenos; (4) las fuentes de resistencia a una enfermedad dentro de una especie, a menudo son más numerosas que las de resistencia a los insectos; y (5) la disponibilidad de insecticidas orgánicos económicos y, aparentemente, altamente efectivos, distrajeron la atención de los entomólogos lejos de la laboriosa búsqueda de variedades resistentes a los insectos, excepto donde no era factible el control químico.

### Mecanismos de resistencia

Las bases de resistencia a las enfermedades e insectos, en las plantas, es generalmente compleja y rara vez se debe a un solo mecanismo o a un simple componente bioquímico. La resistencia de las plantas a los insectos ha sido categorizada por Painter como no-preferencia, antibiosis y tolerancia, pero esto describe efectos antes que causas. La base de la resistencia a las enfermedades en las plantas es fisiológica, mecánica o funcional. Existe afinidad entre los mecanismos básicos de la resistencia a los insectos y los de las enfermedades. Indudablemente los mecanismos fisiológicos son de mayor importancia al afectar la resistencia de las plantas tanto a los insectos como a las enfermedades. La resistencia fisiológica puede comprender factores tóxicos que inhiben el crecimiento de un fitopatógeno o insecto, o factores nutricionales que convierten a la planta en un hospedero desfavorable. Las características mecánicas o morfológicas pueden inhibir la invasión de un patógeno (por ejemplo, cutícula gruesa o capa de corcho) o la alimentación y oviposición de un insecto por ejemplo, en hojas pubescentes. La tolerancia del hospedero es definida generalmente como la habilidad de permitir grandes poblaciones (insectos) o múltiples infecciones (por patógenos) sin sufrir daños graves ni ocasionar pérdida económica. También hay diferencias importantes en los mecanismos de resistencia a las enfermedades e insectos debido a los factores sensoriales que intervienen en las interacciones planta/insecto que no se presentan esencialmente en las interacciones planta/patógeno.

### Genética y fuentes de resistencia a las pestes

No es esencial tener un conocimiento preciso de las bases genéticas de la resistencia a las enfermedades e insectos en las plantas en la búsqueda de resistencia, pero es imprescindible al menos una información general. Hay muchos estudios sobre la herencia de resistencia a las enfermedades en las plantas; pero comparativamente, pocos sobre resistencia a los insectos. Los procesos de mejoramiento de selección empleados en un programa de mejoramiento, son dictados por la simplicidad o complejidad genética de las características de la resistencia. Es necesario conocer lo siguiente: (1) ¿Es la resistencia dominante o recesiva?; (2) ¿La resistencia está determinada por pocos (1-3) o por muchos genes?; (3) ¿Existen efectos genéticos no deseables, asociados con los factores de resistencia? y si están presentes ¿son efectos pleiotrópicos o son efectos ligados?; (4) ¿La expresión fenotípica de resistencia es afectada por factores ambientales?; (5) ¿Cuál es el potencial de variación general de los patógenos o insectos y cuál es su esquema de variabilidad?.

Las fuentes de resistencia son hereditarias en diferentes modos. Algunas son dominantes simples, recesivas simples, cuantitativas, recesivas y aditivas, etc. La experiencia con variedades resistentes especialmente con tipos de resistencia a enfermedades, ha revelado la importante relación entre la propensión a la evolución de nuevos biotipos (generalmente llamados razas fisiológicas en hongos y la base genética por resistencia. Hace unos pocos años, se atribuyó un gran valor a la resistencia genética mayor dominante, especialmente contra los fitopatógenos. Las ventajas de tal resistencia son obvias ya que puede ser transferida por simples procedimientos de retrocruce a excelentes variedades de algunos cultivos sin romper el genotipo básico. Esto reduce enormemente la población de las plantas que deben incluirse en las pruebas resistentes. Además la resistencia a enfermedades, condicionada por un gen simple y dominante, generalmente es estable y de alto nivel a través de determinado rango de fluctuaciones de condiciones ambientales. Pero dicha resistencia ha probado ser más vulnerable a nuevos biotipos tanto de patógenos como de insectos que la resistencia poligénica. La resistencia monogénica aparentemente sirve como selección en favor de biotipos con la capacidad genética de alimentarse o de parasitar en los genotipos "resistentes". Comúnmente, se pone un gran énfasis en desarrollar variedades con resistencia poligénica. Hasta la fecha no se ha determinado ninguna raza fisiológica de un fitopatógeno en base a Resistencia Poligénica en el hospedero.

La mayoría de las especies de plantas son sumamente variables y ofrecen prometedoras oportunidades para descubrir genotipos con niveles útiles de resistencia a las pestes. Es cierto que mucho germoplasma potencialmente valioso se ha perdido al desplazarlos mediante la introducción de variedades mejoradas. Existen insectos y patógenos para los cuales no se han encontrado niveles adecuados de resistencia dentro de las especies cultivadas. En algunas de estas situaciones, se ha encontrado resistencia útil en especies específica o genéricamente relacionadas que pueden ser hibridizadas con las especies cultivadas para efectuar una transferencia interespecífica de las características útiles. En otras situaciones se ha creado fuentes de resistencia por mutaciones usando radiación ionizada, productos químicos o tratamientos físicos en especies cultivadas. La irradiación es un instrumento útil potencialmente para el mejorador pero las experiencias de las dos décadas pasadas sugieren que es un método que debe utilizarse como "último recurso" en la mayoría de las especies de plantas, lo que significa que todas las otras fuentes potenciales de resistencia útil deben ser exploradas antes de acudir a las mutaciones inducidas por irradiación. En estas situaciones, el problema de mejoramiento debe considerar las pruebas de grandes poblaciones de progenie segregantes, resultantes de las irradiaciones, si existen probabilidades razonables al ser reasignados.

#### Utilización de la Resistencia del Hospedero en los Sistemas de Manejo de Insectos

Ya que la resistencia del hospedero es el método de manejo más deseado y efectivo del que disponemos, es necesario determinar si la resistencia de la planta hospedera es o no factible como un elemento básico en programa de manejo de poblaciones de plagas en grandes áreas. En circunstancias donde la especie cultivada es totalmente resistente y el insecto es huésped específico, la resistencia puede ser el factor principal para manejar la población de las plagas. En circunstancias donde las condiciones arriba mencionadas se presenten, por ejemplo

Hessian Fly (M. destructor) en el trigo, los productores no están limitados al uso de material genético específico y pueden continuar usando las variedades tan susceptibles como resistentes dentro de un área dada. El uso de algún material susceptible dentro de un área proporciona la fuente de la cual se desarrolla la población de plaga. Donde quiera que se conozca tanto la genética del cultivo como la del insecto, y si fuera posible controlar el germoplasma dentro del cultivo de un amplia área, la factibilidad de tal programa de manejo, podría ser examinada. En situaciones donde el material resistente es ampliamente usado y está disponible comúnmente, el programa costaría poco o nada a los agricultores cooperadores, y mostraría que el único factor necesario para asegurar un sistema de control integrado continuo es el uso de material resistente.

Varios factores son incluidos en la categoría general de resistencia de plantas como un complemento a otras medidas de control. Estos factores pueden ser positivos o negativos, sin tener en cuenta el tipo de interacción, esta información es vital, para la ejecución de un programa de control totalmente integrado. En este esquema de trabajo requiere la respuesta a:

- (a) ¿Cómo influye la incorporación de tolerancia al insecto en las variedades disponibles sobre el nivel de daño económico de la plaga en ese cultivo?. Generalmente se acepta que la tolerancia de la planta a insectos específicos debería aumentar el número de insectos necesario para reducir económicamente los rendimientos, sin embargo generalmente no se conoce la magnitud de esta reducción. Los incrementos de niveles de daño económico resultarían en una decreciente necesidad de medidas de control de emergencia (por ejemplo, control químico) cuando dicho control se emplea rutinariamente.
- (b) ¿Cómo afecta la resistencia de las plantas a los agentes de control biológico?. En un sentido negativo, un alto nivel de tolerancia de la planta puede aumentar la población total de un insecto en un área dada, al permitir que el cultivo soporte grandes poblaciones de insectos sin pérdida en los rendimientos. Esto podría conducir a que una población residual de insectos más numerosos a promover daños en el siguiente ciclo. Positivamente, altas poblaciones de insectos podría aumentar la de ciertos depredadores y parásitos suministrando al control biológico suficientes huéspedes para su supervivencia invernal. Además, del creciente número de insectos tolerados por la planta daría al agente de control biológico, más tiempo para controlar la población de la plaga. Tal aumento del período de retraso entre insecto y parásito depredador u organismo de enfermedad, puede ser suficiente para reducir la necesidad de medidas adicionales de control. Además, puede ser necesario establecer exactamente la relación entre una planta resistente, un insecto y un agente de control biológico. Es esencial que esta relación sea definida antes de cualquier intento de incluir ambos factores en un sistema de control integrado.
- (c) En el sentido general del control integrado, es importante saber cómo se relaciona el germoplasma nuevo o el común, con las plagas más importantes. Esencialmente necesitamos: (1) Evitar la distribución de germoplasma susceptible y (2) asegurar que el material usado comúnmente no ha devenido susceptible a un cambio genético en las plagas que están presentes. Para lograr

esto, es esencial contar con un sistema de comprobación continuo dentro de los programas de mejoramiento que asegure que sólo se distribuyen las líneas más tolerantes o resistentes, y que el germoplasma comúnmente usado es re-evaluado con respecto a las poblaciones de plagas comunes.

#### Uso de resistencia del Hospedero en Sistemas de Manejo de Enfermedades.

Como se indica anteriormente, el uso de la resistencia se ha convertido en el método más importante para controlar enfermedades económicamente importantes (incluyendo aquellas causadas por hongos, nemátodos, virus, micoplasmas y bacterias). El estado de esta técnica ha evolucionado hasta el punto de poderse desarrollar variedades con resistencia múltiple, por ejemplo, con resistencia a dos o más patógenos diferentes. Como un ejemplo se han obtenido variedades de tabaco con resistencia o tolerancia a seis enfermedades mayores que están disponibles ahora en el Estado de Carolina del Norte en los E.E.U.U.: Pierna negra (Phytophthora parasitica var. nicotianae); Marchitez bacteriana (Pseudomonas solanacearum); Marchitez (Fusarium oxysporum f. nicotianae), Mancha marrón (Alternaria alternata), Nemátodo del nudo (Meloidogyne incognita var. acrita), virus del mosaico del tabaco. El desarrollo de tales variedades ha resuelto problemas complejos de cruzamientos y selección, de los cuales no solo deben obtenerse niveles útiles de resistencia del hospedero a los patógenos en cuestión sino también mantener características agronómicas apropiadas y de calidad del producto. La secuencia de los procedimientos de selección deben ser establecidos para cada patógeno y para cada generación segregante. Una posterior complejidad es la variación en virulencia y patogenicidad de los patógenos comprometidos. Es obvio que no se puede seleccionar cada genotipo por su resistencia para cada variante existente (o potencial); pero el espectro de variación representativa de la población del patógeno del área debe incluirse en el programa de selección.

Ahora se reconoce que la interacción complementaria (sinergismo) de dos o más patógenos y producir daños intensificados a las plantas es un fenómeno epidemiológico importante en el manejo de las enfermedades de las plantas. Un ejemplo clásico de la interacción de enfermedades es la predisposición de las variedades de tabaco resistente a las enfermedades a la infección por el hongo causante de la pierna negra, como resultado de una infección temprana del Nemátodo del Nudo. Esta interacción compromete más que daño ocasionado, en las raíces, por el cual, el hongo Phytophthora puede penetrar. La planta de tabaco de hecho se torna fisiológicamente más susceptible a la infección como resultado de la penetración del nemátodo en las raíces. Existen muchas interacciones reconocidas, las cuales nos recuerdan que los fitopatógenos no actúan en forma pura de cultivo mientras se reproducen y causan infecciones bajo condiciones naturales; sino que interactúan con una multitud de agentes de la fauna y flora del hábitat, Estas consideraciones no pueden ser ignoradas en el mejoramiento de cultivos o al designar los sistemas de manejo de enfermedades basadas en ellas.

La evolución de las "características de vencimiento de resistencia" o biotipos ha ocurrido frecuentemente al utilizar una resistencia monogénica del hospedero al manejar ciertos tipos de poblaciones de insectos, nematodos u hongos.

Estos hechos han apresurado la amplia utilización de fuentes poligénicas de resistencia donde éstas están disponibles, aún cuando tales fuentes generalmente son menos efectivas para reducir las poblaciones patógenas (el nivel de resistencia generalmente es menor y la expresión es influenciada por las condiciones ambientales) y son más difíciles de incorporar dentro de variedades aceptables, especialmente cuando la resistencia a dos o más enfermedades está siendo considerada simultáneamente. La epidemia del Tizón foliar del maíz del sur de los E.E.U.U. en 1970 ejemplifica los problemas asociados con la evolución de nuevos biotipos de hongos parásitos.

Aún cuando la resistencia es el medio más económico y efectivo disponible para que el agricultor controle una enfermedad, los problemas citados anteriormente indican que este método debe ser reforzado donde sea posible con otros métodos biológicos, culturales y químicos para proporcionar una protección mayor contra el incremento y daño subsecuente causados por los nuevos biotipos. Hay situaciones en que deben utilizarse fumigantes químicos de suelo con la resistencia del hospedero para lograr un control económico de una enfermedad. Esta es la situación con la resistencia al nematodo del nudo en el tabaco. Ya que esta resistencia es del tipo hipersensitivo, la planta sufre "infecciones" múltiples cuando se la cultiva en áreas con grandes poblaciones de nemátodos, lo que resulta en un crecimiento insuficiente de la planta. En estas situaciones, debe usarse un nematicida para reducir la población de nemátodos a niveles moderados, en los cuales no ocurren problemas de crecimiento. Hay circunstancias en las cuales las rotaciones de cultivos y, a veces, los fumigantes de tierra de propósito múltiple, deben usarse para controlar la Pierna Negra del tabaco, aún cuando se cultiven variedades con niveles de resistencia moderada o alta. Cuando se usan las variedades resistentes como elemento básico del sistema de manejo, las poblaciones de plagas mayores en el agroecosistema debe ser monitoreado continuamente sobre la base de un muestreo/encuesta para anticipar las variaciones en las poblaciones de insectos que pueden requerir cambios en la estrategia de manejo.

#### Prospectos para el futuro.- Peligros y Oportunidades

Existe un potencial grande para el uso extensivo de resistencia al manejar las poblaciones de plagas, patógenos y posiblemente malezas manteniendo bajos niveles de daños económicos. En algunas circunstancias, se carece de fuentes útiles de resistencia, lo cual requiere un esfuerzo mayor al caracterizar variedades antiguas y genotipos exóticos como fuente de resistencia a plagas y enfermedades y competencia con malezas con el objeto de identificar fuentes múltiples de resistencia utilizable a todas las plagas mayores de cosechas agrícolas importantes. Hay necesidad de una exploración amplia de plantas, especialmente en los países en desarrollo donde existe mucha diversidad genética en algunos cultivos alimenticios importantes (pero la que está desapareciendo rápidamente por que los materiales indígenas están siendo reemplazados por las introducciones de variedades nuevas y mejoradas). Y también donde sea necesario y factible, deben evaluarse las características de resistencia de las especies estrechamente relacionadas a la especie cultivada. Ahora la tecnología

de hibridación interespecífica hacen posible las transferencias genéticas venciendo las barreras de la esterilidad.

La completa utilización de la resistencia del hospedero en los programas de control integrado no se logrará sin la colaboración estrecha entre el mejorador de plantas, genetistas, fitopatólogos, entomólogos y nematólogos. Este debe ser un esfuerzo integrado en equipo si se quiere obtener el mayor beneficio y evitar la repetición de los errores de "mejoramiento" que conocemos son un peligro para el productor.

El mejoramiento de los cultivos que incluyen selecciones por resistencia a las plagas, ocasiona ciertos peligros a largo plazo. Cuando se demuestra que una línea de maíz tiene una habilidad superior de combinación; cuando se encuentra una línea superior a la del tipo enanismo del trigo, lo cual permite grandes proporciones de fertilización y, de esta forma un rendimiento sustancialmente más elevado; cuando se encuentra una fuente aceptable de esterilidad masculina en el maíz; cuando se encuentra una nueva fuente de resistencia a los nemátodos en el tabaco, etc. los mejoradores de plantas por todas partes del mundo sacan ventaja de estos caracteres genéticos deseables mediante la introducción de éstos en variedades adaptadas localmente. Esta situación se repite muchas veces para cada cosecha. El resultado es una creciente uniformidad genética y germoplasma de los principales cultivos a través de los continentes y del mundo. Un Comité nombrado por la Academia Nacional de Ciencias de los E.E.U.U. concluyó que este fenómeno de uniformidad genética ha resultado en una vulnerabilidad enormemente peligrosa de los principales cultivos alimenticios. Esto no significa que abandonamos los programas de mejoramiento genético y regresamos a un sistema de "Agricultura Tradicional", sino que exige que reconozcamos el problema y preparemos una estrategia para manejar sin comprometer las ventajas de la protección de cultivos y el rendimiento de nuestras variedades modernas. El logro de estas metas requerirá el desarrollo de nuevos sistemas de mejoramiento (y nuevos sistemas de producción en algunas circunstancias) para proporcionar una protección mayor contra los problemas catastróficos de las pestes tal como sucedió con el Tizón foliar del maíz del sur en los E.E.U.U. Este no es un problema local: es nacional e internacional en extensión y debe ser enfocado sobre esa base.

## EL PROBLEMA DE LAS MALEZAS

Dr. Salomón Helfgott  
Docente, Departamento Académico de Fitotecnia  
Universidad Nacional Agraria La Molina.

La agricultura moderna consiste en conocer a fondo las condiciones ambientales y otros factores de producción que favorecen a los cultivos de tal manera que se puedan hacer los ajustes necesarios que permitan lograr la expresión plena de su potencial genético, mejorar la calidad de los productos cosechados y reducir los costos de producción.

Una de las prácticas realizadas por el hombre para alcanzar lo mencionado es el control de malezas que son plantas o parte de ellas que crecen donde no son deseadas, no tienen valor económico e interfieren con los cultivos o con el bienestar del hombre y los animales. Sin embargo, esta ha sido una de las áreas más descuidadas debido a que el efecto de las malezas sobre los cultivos no es tan obvio o espectacular como el daño causado por insectos y enfermedades o por deficiencia y toxicidad de nutrientes que sí se pueden ver. Además, siempre ha sido relativamente fácil deshierbar. Sin embargo, la experiencia de campo está demostrando que las malezas causan estragos de igual o mayor magnitud que los ocasionados por insectos y enfermedades.

### Características y adaptaciones de las malezas

Las malezas poseen una serie de características y adaptaciones especiales que les permiten invadir regiones nuevas, competir con los cultivos y establecerse aún bajo condiciones adversas persistiendo a pesar de los esfuerzos humanos para comba-tirlas.

Aún cuando por definición hemos indicado que cualquier especie puede ser maleza, aquellas que son más agresivas y por lo tanto más obvias, tiene en común ciertas características que las diferencian de las plantas cultivadas y que son responsables por su amplia distribución y abundancia. Estas especies generalmente se establecen sin haber sido deliberadamente introducidas por el hombre. Una vez que esto sucede, su erradicación resulta difícil o imposible. Obviamente, especies introducidas con propósitos benéficos pueden también resultar en futuros problemas y si bien esto es menos común que la introducción accidental, no debemos descartarlo como posibilidad.

Las malezas tienden a ser agresivas, competitivas, adaptables y capaces de utilizar ambientes simplificados por el hombre. Uno de sus atributos más importantes es su eficiente capacidad de resistir períodos en que las condiciones ambientales son desfavorables debido a varios mecanismos morfológicos y fisiológicos entre los cuales destaca la posibilidad de latencia.

El grado de asociación entre cultivos y malezas es otro factor importante en el éxito de las malezas en perpetuarse o incrementarse. El Sorghum halepensis (L.) Pers. puede ser muy correlacionado con la expansión de las áreas de cultivos de maíz y sorgo en algunas regiones y la Avena fatua se ha adaptado fácilmente a los cereales. Estas malezas se dice que son agresivas y tienen casi exactamente los mismos requerimientos y características morfológicas que el cultivo, lo que dificulta su erradicación más aún cuando pertenecen a la misma familia. Esto nos está indicando la importancia del uso de la rotación de cultivos como método simple de control de malezas.

También es necesario conocer la duración del ciclo vegetativo, el hábito de crecimiento y los métodos de reproducción de las malezas. Podemos clasificarlas en tres grupos: anuales, bianuales y perennes. Las anuales completan su ciclo vegetativo desde semilla en menos de un año. La mayoría de las malezas de los campos de cultivo pertenecen a este grupo y son generalmente las más fáciles de controlar. Las bianuales son aquellas que durante el primer año presentan sólo crecimiento vegetativo y recién al segundo año desarrollan sus estructuras reproductivas y producen semillas. Las perennes viven por más de dos años, se reproducen tanto por semillas como por estructuras vegetativas tales como estolones, rizomas, bulbos, tubérculos o raíces y son las más difíciles de controlar.

La gama de condiciones ambientales en las cuales las plantas tienen posibilidades de prosperar se denomina escala de tolerancia y está determinada genéticamente. Un buen número de malezas están capacitadas para crecer en muchas áreas geográficas debido a que tienen una escala de tolerancia muy amplia, a consecuencia de que entre los individuos de una población y entre poblaciones de una misma especie existe una gran variabilidad genética. Este potencial genético que transmite generación tras generación la posibilidad de usufructuar al máximo las condiciones ambientales, no debe menospreciarse sino tenerse en cuenta como otro posible método de control considerando la posibilidad de hibridación con especies menos agresivas. Debido a la escala de tolerancia hay especies de Typha y Scirpus que viven sin problemas en ambientes inundados. Algunas especies de Pteridium y Rumex son especialmente adaptadas a suelos ácidos. No es que crezcan mejor en tales ambientes, sino que son más adaptables que otras especies lo que asegura su predominancia en tales habitats. Otro ejemplo es el de Polygonum aviculare que tolera tanto suelos ácidos como alcalinos (pH 5.6 a 8.4)

Algunas malezas liberan en el suelo toxinas que inhiben o limitan el crecimiento de ciertos cultivos. Esto se denomina alelopatía y es posible que ocurra con más frecuencia de lo que se ha observado y que tenga un mayor significado del que se le ha atribuido hasta ahora.

### Competencia

Las malezas compiten con los cultivos por agua, luz, anhídrido carbónico, nutrientes y espacio. La intensidad de la competencia está influenciada por la composición y densidad de la población de malezas, la duración del período de tiempo que las malas hierbas están creciendo en competencia con las plantas de un cultivo, por factores del suelo y el medio ambiente y por otros factores ya mencionados. Como resultado de la competencia se pueden presentar las siguientes situaciones generales:

- El cultivo y las malezas crecen y maduran juntos y la reducción en rendimientos es variable;
- Las malezas evitan por completo el desarrollo del cultivo y la cosecha es nula.
- El cultivo evita el desarrollo de las malezas.

Indirectamente, las malas hierbas causan pérdidas económicas al afectar los costos de producción y calidad de productos o por una mayor incidencia de insectos y enfermedades.

Las malas hierbas pueden albergar tanto insectos perjudiciales, que posteriormente pueden constituirse en plagas para los cultivos como también patógenos que - pueden ser causantes de enfermedades. Las malezas pueden actuar en diferentes formas: como huésped de un patógeno; como parte del ciclo biológico de una enfermedad o insecto; como portadora de insectos vectores de enfermedades; como portadora de nemátodos o variando el medio ambiente alrededor de una planta favoreciendo con ello el desarrollo de ciertas enfermedades. A continuación presentamos algunos ejemplos de malezas hospederas.

#### MALEZAS HOSPEDERAS DE INSECTOS Y PATOGENOS

PATOGENO O INSECTO	ENFERMEDAD O DAÑO	MALEZA	CULTIVO
Virus o insecto	Hoja Blanca	<u>Digitaria</u> sp. <u>Echinochloa</u> sp. <u>Chloris</u> sp. <u>Eleusine</u> sp.	Arroz
Virus	Mosaico de la caña	<u>Digitaria</u> sp. <u>Setaria</u> sp. <u>Chloris</u> sp.	Caña
Insecto	Barrenador	<u>Sorghum halepense</u> (L) Pers.	Arroz Caña Maíz Sorgo
Insecto	Cogollero	<u>Sorghum halepense</u> (L) Pers. <u>Echinochloa</u> sp.	Caña Maíz
Hongos	Rizoctoniasis	<u>Amaranthus</u> sp.	Algodón
Hongo	Roya	<u>Portulaca</u> sp. <u>Echinochloa</u> sp.	Cereales
Bacteria	Pseudomoniasis	20 especies	Papa

El concepto de competencia debe considerarse desde el punto de vista ecológico. En condiciones naturales las asociaciones de organismos en un ecosistema no son agrupaciones accidentales de individuos acumulados al azar sino, por el contrario, son organizaciones ordenadas espacialmente, que se distribuyen los recursos que les ofrece el medio ambiente para realizar sus funciones. Esta situación se alcanza después que ha ocurrido el fenómeno de libre competencia entre las especies representadas en un lugar determinado, con lo que se establece un equilibrio en donde se produce una diversidad vegetal tanto en estructuras como en función.

Las condiciones mencionadas permiten una mayor producción en términos de materia vegetal por unidad de área y por lo tanto un mejor aprovechamiento del medio. Pero, desde el punto de vista agrícola no interesa tanto el rendimiento de material vegetal total sino el utilizable y para ello se recurre a prácticas agronómicas que permiten la remoción de la vegetación existente en una zona con el objeto de habilitar un lugar para la explotación agrícola. Esto crea hábitats abiertos o parcialmente disturbados en los cuales las plantas del cultivo y las malezas tienen, inicialmente, casi las mismas oportunidades para establecerse y ocupar el nicho ecológico. El ambiente y el suelo son capaces de proveer cantidades limitadas de los factores esenciales para el crecimiento normal de una población determinada de plantas. Cuando las poblaciones exceden este límite o cuando escasea un componente ambiental se inicia la competencia entre plantas por los factores limitantes. Aquellas plantas que poseen características agresivas y se encuentran mejor adaptadas, compiten más favorablemente por los factores limitantes.

En resumen, se puede generalizar mencionando cinco principios básicos de competencia los cuales dan criterios para buscar las medidas más apropiadas para el control de malezas:

- Las prácticas agronómicas previas a la siembra de un cultivo proporcionan el medio adecuado para que las malezas germinen e inicien la competencia;
- Las plantas que ocupan primero un área del suelo tienden a excluir las posteriores.
- Cualquier condición del medio ambiente o práctica que promueva el crecimiento de un cultivo, tiende a disminuir los efectos desfavorables de las malezas.
- Especies de malezas de hábitat y desarrollo similar al cultivo ocasionan las pérdidas más severas por competencia;
- No hay competencia si la disponibilidad de factores esenciales para el crecimiento es óptima. La competencia se inicia cuando uno de los factores se vuelve limitante.

Debe tomarse en cuenta que para cada cultivo existe un período crítico en el cual las malezas producen su efecto competitivo más perjudicial y que se traduce en una reducción significativa de los rendimientos. Aunque dicho período puede variar según las condiciones ambientales, la disponibilidad de factores de crecimiento, el cultivo y las malezas, se ha determinado que este coincide con la etapa inicial de

establecimiento de un cultivo. Es por ello que se debe enfatizar la necesidad de un control oportuno manteniendo el cultivo libre de malezas durante las primeras semanas de crecimiento. En la práctica, esto no se cumple ya que los controles manuales y mecánicos de las malezas, que son los más utilizados, no se realizan sino hasta que su población ya se ha establecido, 15 ó 30 días desde su emergencia y en algunos casos con mayor retraso cuando por condiciones adversas no se puede efectuar el control. Cabe mencionar que también hay otros períodos críticos de competencia en algunos cultivos y coinciden con el macollaje, al inicio de la formación de frutos o durante la maduración de éstos.

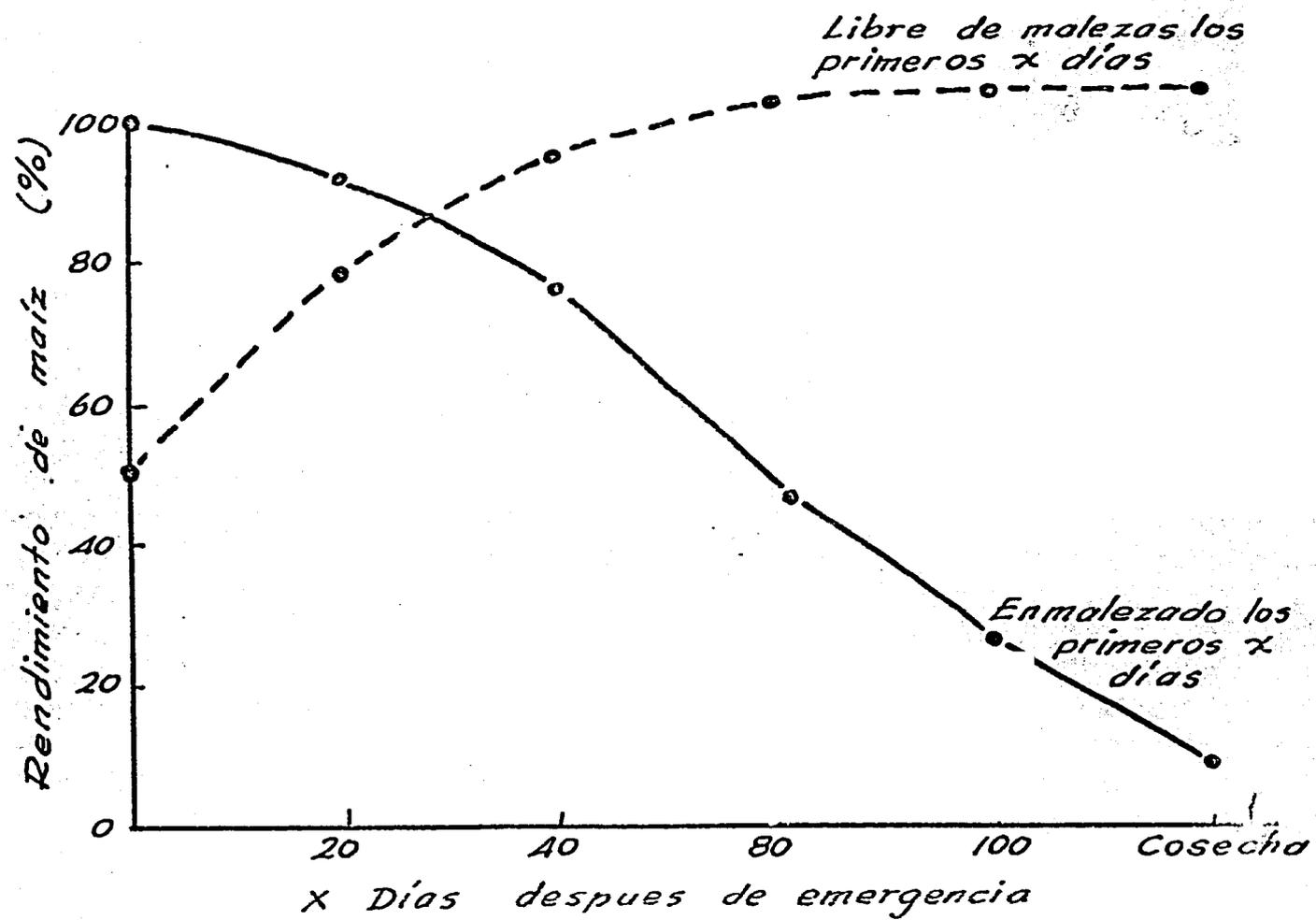
La determinación del período crítico de competencia para cada cultivo es importante para definir la época en que es económico efectuar el control de las malezas. Normalmente las investigaciones se realizan diseñando ensayos en los cuales hay dos tipos de tratamientos. Uno de ellos consiste en iniciar los deshierbos a partir de un cierto número de días después de la siembra y continuar hasta la cosecha. En el otro tipo, se deshierba hasta un cierto número de días después de la siembra y luego se deja enmalezar. Los testigos son: siempre enmalezado, deshierbo como en la zona y control con herbicidas.

#### Manejo de malezas

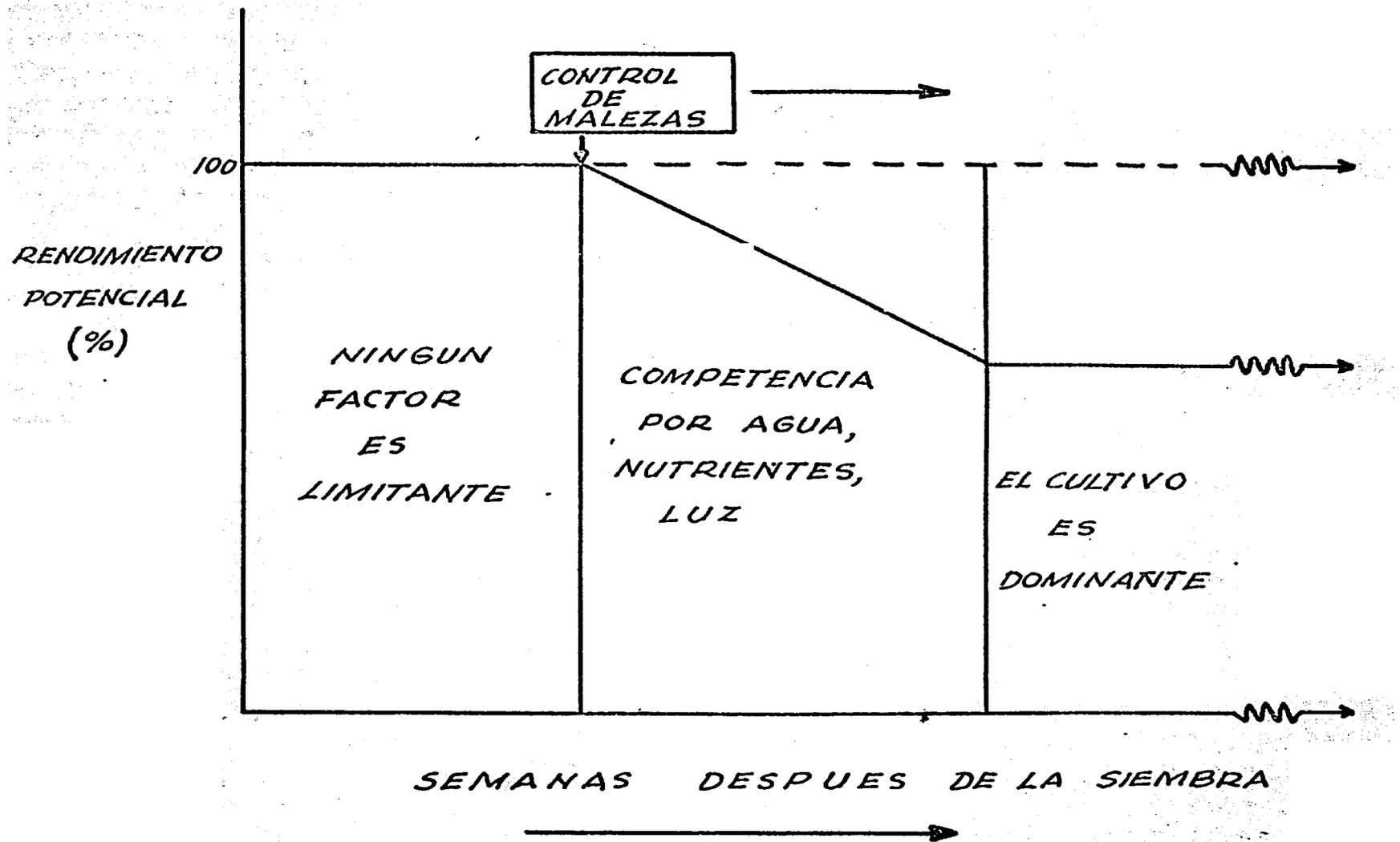
Es un sistema de producción agrícola el balance cultivo-malas hierbas depende principalmente del cultivo (variedad y tipo de planta), densidad de siembra, nivel de fertilización, manejo del agua, composición de la comunidad de malas hierbas y del método de control de malezas, en determinadas condiciones de clima y suelo.

Las malezas deben manejarse en base a programas que aprovechen todos los medios de control al mayor grado posible lo cual permitirá cambiar el balance en favor de los cultivos a tal punto que se minimicen las pérdidas que causan a las cosechas, dejando así de ser económicamente importantes.

El manejo integrado de las malezas involucra labores de prevención, es decir - evitar que una determinada especie invada una región, erradicación que es una labor muy difícil y costosa y control que se refiere al uso de prácticas agronómicas adecuadas y diferentes niveles de tecnología, incluyendo el uso de herbicidas.



PERIODOS CRITICOS DE COMPETENCIA EN MAIZ



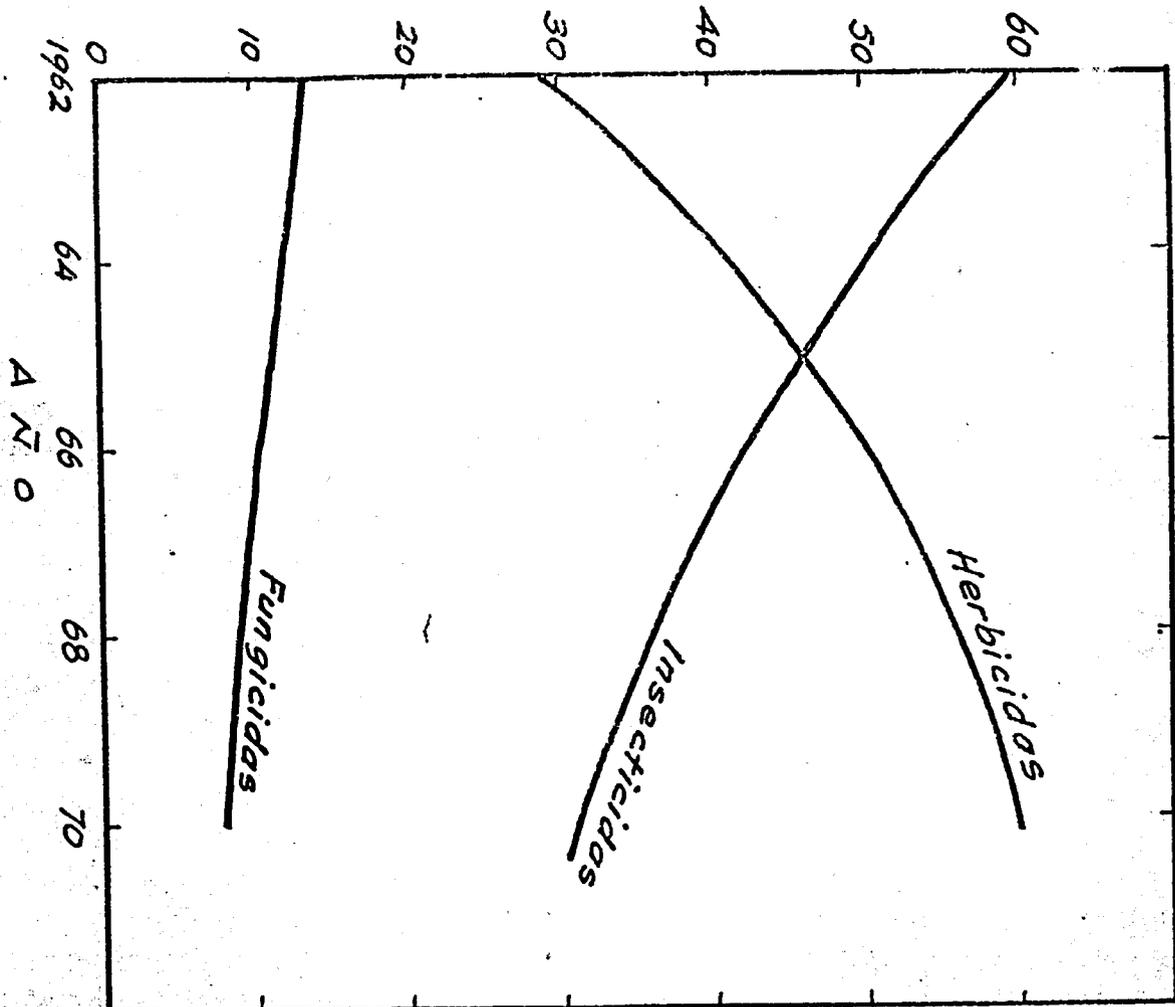
VENTAS TOTALES DE PESTICIDAS (EN MILLONES DE \$.)

PESTICIDA	U. S. A.				RESTO DEL MUNDO			
	1974	1980	1984	% Increment. 1980-84	1974	1980	1984	% Increment. 1980-84.
HERBICIDAS	1058	1729	2021	17	2190	3819	4668	22
INSECTICIDAS	491	710	833	17	1822	2575	3190	24
FUNGICIDAS	116	183	243	33	961	1418	1761	24
FUMIGANTES DEL SUELO	20	50	64	28	69	134	183	37
DEFOLIANTES Y DESEC.	18	39	48	23	19	49	68	39
REGULADORES DE CREC.	18	25	40	60	40	50	80	60
OTROS	-	5	10	100	-	8	11	38
TOTAL	1,732	2,741	3,259	19	5,138	8,053	9,961	24

\* ESTIMADO

FUENTE: FARM CHEMICALS, SET. 1977.

Ventas totales de pesticidas en USA (%)



*COSTOS EN DOLARES EN USA EN 1970 (x 1,000)*

	<i>PÉRDIDAS</i>	<i>CONTROL</i>	<i>TOTAL</i>	<i>%</i>
<i>ENFERMEDADES</i>	<i>3,152,815</i>	<i>115,000</i>	<i>3,267,815</i>	<i>27.1</i>
<i>INSECTOS</i>	<i>2,965,344</i>	<i>425,000</i>	<i>3,390,344</i>	<i>28.1</i>
<i>NEMATODES</i>	<i>372,335</i>	<i>16,000</i>	<i>388,335</i>	<i>3.2</i>
<i>MALEZAS</i>	<i>2,459,630</i>	<i>2,551,050</i>	<i>5,010,680</i>	<i>41.6</i>
<i>TOTAL</i>	<i>8,950,124</i>	<i>3,107,050</i>	<i>12,057,174</i>	<i>100.0</i>

*FUENTE: U.S.D.A., PESTICIDE REVIEW, 1971.*

## EL PROBLEMA DE LOS NEMATODOS

Ing. Manuel Canto  
Departamento Sanidad Vegetal  
Universidad Nacional Agraria La Molina.

### Dispersión y adaptabilidad de los nemátodos

Los nemátodos se encuentran en todo lugar donde pueda existir vida. Algunos son saprófagos, otros son parásitos del hombre, animales o plantas.

En la actualidad se piensa que existen más o menos 10,000 especies, por lo que después de los insectos, se les considera los animales más numerosos que habitan la Tierra. En el suelo son el componente más importante de la fauna ya que representan cerca del 95% de los metazoarios habitantes del suelo.

### Nemátodos Parásitos de Plantas

Tamaño.- Por lo general son microscópicos, la longitud de su cuerpo es de 0.1 mm. a 11 mm. Los más grandes podrían verse fácilmente; pero su ancho (50 u) y su transparencia, hace difícil su observación.

Forma.- Tienen forma cilíndrica. Se dice que son vermiformes por semejarse a los gusanos. El extremo posterior, llamado cola, es por lo general más delgado que el anterior, llamado cabeza. En la cabeza tienen una especie de aguijón llamado estilete.

Importancia.- Son importantes porque no existe un suelo cultivado libre de nemátodos parásitos de plantas. Además la mayoría de ellos son polífagos. Se diseminan fácilmente y una vez establecidos es muy difícil erradicarlos. Esto hace que los nemátodos parásitos de plantas sean un factor permanente en la problemática del suelo y tengan gran influencia en la productividad de las plantas.

Los nemátodos reducen el rendimiento (10-20% como mínimo) y afectan la calidad del producto cosechable. Además predisponen a las plantas a otros patógenos y al daño de factores ambientales. Los daños causados por los nemátodos generalmente son atribuidos a otras causas, ya que pasan desapercibidos por sus características morfológicas y la falta de expresión específica de los síntomas que causan.

Según el daño que los nemátodos producen, se pueden distinguir:

- 1.- Incitantes.- Nemátodos que propician que otros organismos penetren en las plantas y causan enfermedades en una intensidad que por si mismos no producirían.
- 2.- Patógenos.- Nemátodos que son el principal causante de una enfermedad.
- 3.- Vectores.- Nemátodos que transportan a otros patógenos y los depositan en sus hospederos.
- 4.- Participantes en enfermedades complejas. Cuando interaccionan biológicamente con otros patógenos.

### Formas de parasitismo :

Ectoparásitos.- Especies que pasan todo su ciclo de vida libremente en el suelo. Estos nemátodos se alimentan externamente mediante estiletes robustos que perforan profundamente las raíces; sin embargo tienen pobre desarrollo de glándulas exo-enzimáticas. Ej. de este grupo es el género Hoplolaimus.

Endoparásitos migratorios.- Nemátodos que se movilizan dentro de las raíces y en el caso de muerte de la planta, pueden invadir otras raíces u otras plantas. Si no encuentran un hospedero pueden vivir en el suelo. Ej. el Género Pratylenchus.

Endoparásitos sedentarios.- Nemátodos que penetran en sus hospederos. La hembra es sedentaria y toma una forma ensanchada. Este grupo tiene gran desarrollo de glándulas exo-enzimáticas y en él se encuentran los nemátodos de plantas más dañinos. Ej. el Género Meloidogyne.

Parásitos de la parte aérea.- Estos nemátodos son más activos que los parásitos de raíces. Esta actividad les permite escapar del suelo y atacar todas las partes aéreas de las plantas. Ej. el Género Aphelenchoides.

Localización en el campo de las zonas atacadas por nemátodos.- El ataque de los nemátodos no siempre es evidente por lo que debe tenerse presente lo siguiente:

- 1.- Debido a la poca movilidad de los nemátodos, el ataque se presenta generalmente localizado en determinadas partes de un cultivo. A estas partes se les llama manchas o parches.
- 2.- En los parches, pueden notarse plantas amarillentas, de menor tamaño con tendencia a marchitarse.
- 3.- La presencia de algunos nemátodos , puede confirmarse a veces a simple vista examinando las raíces.
- 4.- El diagnóstico de la presencia de nemátodos debe hacerse mediante un análisis de laboratorio de muestras de suelo o partes de plantas, para lo cual se emplean técnicas especializadas de extracción.

### Síntomas causados por los nemátodos

Los nemátodos que se encuentran en el suelo y atacan partes subterráneas generalmente causan síntomas secundarios en la parte aérea.

Los nemátodos causan además síntomas primarios tanto en la parte aérea como subterránea. Entre éstos síntomas se pueden mencionar a los siguientes:

En la parte aérea:

- Debilitamiento y necrosis de las yemas y puntos de crecimiento. Ej. Aphelenchoides parietinus en algodón.
- Encrespamiento del follaje, agallas en las semillas. Ej. Anguina tritici en trigo.
- Caída de flores. Ej. Aphelenchoides besseyi en Orquídeas.
- Manchas cloróticas y necróticas en las hojas. Ej. Aphelenchoides ritzemabosi en Crisantemo.
- Enrojecimiento: Ej. Radinaphelenchus cocophilus que ocasiona el anillo rojo del cocotero.
- Necrosis generalizada del tallo y hojas (síntoma secundario). Ej. Radopholus similis en cítricos ocasiona la enfermedad llamada "Declinación progresiva"

En la parte subterránea:

- Nódulos o agallas en las raíces y otros órganos subterráneos. Ej. Meloidogyne incognita en papa.
- Podrición: principalmente en órganos subterráneos suculentos. Ej. Ditylenchus dipsaci en cebolla. Estas pudriciones son generalmente agravadas por organismos secundarios.
- Manchas necróticas radiculares, son lesiones por lo general de color marrón parduzco. Ej. Pratylenchus pinyus en tabaco.
- Descortezamiento radicular. Ej. Xiphinema americanum en arbustos como el laurel.
- Escoba de brujas (proliferación de raicillas): Es un síntoma complejo porque la raíz principal joven queda atrofiada; como consecuencia se estimula el desarrollo de raíces secundarias. El sistema radicular adquiere la apariencia de escoba. Ej. Paratrichodorus christie en maíz.
- Raíz tocón: cuando el nemátodo detiene el desarrollo de raíces secundarias, permitiendo solo que desarrolle la raíz principal. Ej. Belonolaimus longicaudatus en algodón.
- Enrollamiento radicular: cuando el nemátodo ataca la punta de la raíz, esta detiene su crecimiento, se dobla y encurva. Ej. Xiphinema diversicaudatum en rosa.
- Los nemátodos también ocasionan varios síntomas internos como necrosis, pudriciones, decoloraciones, hipertrófias, hiperplasias, etc.
- En algunas enfermedades causadas por nemátodos es posible observar el signo. Ej. en las raíces de la papa se puede observar hembras de Globodera pallida adheridas a las raíces. Estas hembras son blanquesinas y del tamaño de la cabeza de un alfiler.

## CONTROL DE NEMATODOS

Ing. Manuel Canto  
Universidad Nacional Agraria La Molina.

El control es difícil debido a varias características de los nemátodos, entre ellas: la resistente cubierta de su cuerpo, su amplia distribución; altas densidades de población, fácil reproducción y gran persistencia. Pocas medidas de control por sí solas son efectivas, pero existen varias formas de bajar la densidad de población e integrándolas puede obtenerse mayor efectividad.

### Métodos culturales:

Incluye las prácticas de cultivo que limiten la proliferación de las poblaciones de nemátodos.

**Barbecho.**- Consiste en arar el terreno, dejarlo sin cultivo durante cierto tiempo. Esta medida disminuye la densidad de población de muchos nemátodos debido a la desecación y falta de alimento. El barbecho sin embargo es una medida no económica. Además deben eliminarse las plantas voluntarias que aparecen en el campo porque en ellas pueden reproducirse los nemátodos que se desea controlar.

**Escape.**- Medida que trata de evadir el ataque del nemátodo o la reproducción de una nueva generación, sembrando en épocas no favorables para el patógeno, sembrando variedades precoces o cosechando tempranamente algunos cultivos.

**Abonamiento y fertilización.**- El uso de abonos orgánicos a veces disminuye la densidad de población de varios nemátodos. El efecto es principalmente mediante 3 mecanismos:

- 1.- Vigoriza la planta haciéndola más tolerante al nemátodo.
- 2.- Propicia el desarrollo de enemigos naturales u organismos que compiten el nicho ecológico. Sustancias derivadas del metabolismo de estos microorganismos pueden tener efecto dañino sobre los nemátodos fitoparásitos.
- 3.- Compuestos derivados de la descomposición del abono y la temperatura que se produce por la fermentación puede tener acción nematicida. Sin embargo la reducción de la población por la materia orgánica no es tan efectiva (más o menos el 10%).

El P y K aumenta el crecimiento radicular y fortalece las paredes celulares haciéndolas más resistentes a la penetración del nemátodo.

Los fertilizantes nitrogenados que contienen amonio tienen efecto nematicida.

**Rotación de cultivos.**- Esta medida reduce grandemente la población del nemátodo - (Más o menos en 70%). Un diseño útil para estudiar el efecto de la rotación de cultivos en las poblaciones de nemátodos es la prueba "cruzada de Oostemrinck".

### Métodos Físicos

Uso de la temperatura.- Pequeñas cantidades de suelo se tratan en autoclaves a 121°C, 15 lb. de presión durante 1 hora. Extensiones pequeñas de terreno, se riegan con agua hirviendo o se instalan tubos que dejen escapar vapor de agua.

Algunas partes de la planta se someten a un baño caliente. La temperatura y tiempo letal varía según la especie del nemátodo o parte de la planta. Es importante considerar que el límite entre la temperatura letal para los nemátodos que se encuentran en la planta y para la planta misma es muy estrecho, por lo cual el tratamiento debe hacerse con exactitud. Un ejemplo de este método es el tratamiento de dientes de ajo a 49°C durante 20 minutos para controlar Ditylenchus dipsaci. Si el nemátodo presenta estadios latentes como por ejemplo el Género Ditylenchus, el remojo previo con agua a la temperatura ambiente durante dos horas, rompe la latencia y facilita la muerte.

Luz.- Mayor intensidad de luz y período de iluminación favorece el crecimiento - radicular de ciertas plantas y les permite tolerar al nemátodo.

Humedad.- La saturación de los terrenos produce cierta reducción en la población de nemátodos. Algunos sedimentan a capas más inferiores y mueren por deficiencia de oxígeno. Sin embargo muchas especies son resistentes y esta medida puede tener efectos no deseables en el terreno.

Presión osmótica.- Aumentando la concentración de la solución suelo, se reduce la población de los nemátodos, los cuales revientan. Ej. agregar sacarosa al suelo. Esta medida es costosa pero se usa en pequeñas áreas.

Electricidad.- Instalando cables en el suelo, Este método es costoso pero se usa en invernaderos.

### Métodos Biológicos

En el suelo existen enemigos naturales de los nemátodos que actúan directamente como predadores y parásitos o indirectamente mediante secreciones o productos de su metabolismo. La acción de estos organismos es efectiva ya que los nemátodos no regeneran las partes lesionadas de su cuerpo.

El control por microorganismos se ha logrado agregando materia orgánica y pocas veces se ha adicionado directamente el microorganismo, ya que generalmente tiene un efecto temporal y la presión ecológica restaura el equilibrio biológico. Estos controladores además, generalmente prefieren alimentarse de otros organismos.

Difusoras radiculares.- Las raíces de algunas plantas exudan sustancias que reducen poblaciones de nemátodos fitoparásitos. Ej. Asparragus officinalis exuda un glicósido tóxico que reduce a Paratrichodorus christie. Este glicósido actúa en forma sistemática en tomate, aplicado tanto a la parte aérea como a las raíces.

Plantas trampas.- Crotalaria spectabilis permite la penetración de algunas especies de Meloidogyne pero no completan su ciclo de vida. De esta planta se ha identificado un éster (monocrotalina) tóxico aún para los vertebrados. Igual efecto que esta planta se obtiene sembrando plantas hospederas del nemátodo y extrayéndolas antes que el nemátodo desarrolle.

Variedades resistentes.- Es uno de los medios más efectivos de control ya que estas variedades actúan como plantas trampas muy eficientes. Esto reduce la población del nemátodo en el suelo, en algunos casos hasta el 90%. Las variedades resistentes dan buen rendimiento en campos infestados, sin embargo su uso es dificultado por la variabilidad que presentan muchos nemátodos. Ej. el clon S. kurtzianum KTT 602119 resistente al grupo 2 de razas de G. rostochiensis y G. pallida

Nemátodos predadores.- Algunos engullen enteras a sus presas Ej. el género Trypila o las atrapan y absorben su contenido, Ej. el género Monochus, otros las inyectan sustancias paralizantes, digiriéndolas parcialmente antes de ingerirlas, Ej. el género Aphelenchoides.

Otros nematófagos: Se conocen nematófagos entre los insectos, pertenecientes al orden Colloembola. Estos insectos se encuentran alrededor de las raíces sobre todo donde hay gran cantidad de materia orgánica. El insecto Scapticornis talpa libera una sustancia que protege al tomate del Meloidogyne. Entre los ácaros, Ej. Pergamasus napsipes, Tartigrados, Ej. Hypsibius myrops, Protozoarios, Ej. Dubosquia penetrans, Turbellarios, Ej. Adenopla sp.

Entre los hongos se conocen más de cien especies nematófagas. Su micelio produce mallas, anillos que son pegajosos o constringen a los nemátodos. Ej. Dactylella bembicoides produce anillos cuyas células se dilatan en forma instantánea cuando un nemátodo pasa por su interior y le asegura para que sus hifas penetren. Otras veces zoosporas o conidias de los hongos se adosan al cuerpo de los nemátodos y posteriormente los parasitan Ej. Haptoglossa heterospora.

La bacteria Clostridium butyricum produce ácidos propiónico, acético y butírico que son tóxicos para los nemátodos. Estos ácidos influyen en la producción de sulfuro de H que también es nematicida. El amonio producido por las bacterias atrae ciertos nemátodos predadores y es perjudicial para nemátodos fitoparásitos.

### Métodos Químicos

El control químico es difícil, debido a que los nemátodos fitoparásitos son habitantes del suelo. Para eliminarlos se requeriría tratar todo el suelo por lo menos a la profundidad de labranza y aún así escaparían los que se encuentran a mayores profundidades.

El uso de nematicidas tiene a veces algunos inconvenientes como por ejm. su toxicidad para los animales de sangre caliente, por lo cual deben manipularse con cuidado, usando guantes, máscara protectora para vapores, botas de goma, etc. y usarlos solamente en los cultivos indicados. Otros inconvenientes son los residuos que dejan en -

la planta y en el suelo, su alto costo, su corto período de acción que permite una alta recuperación de la población del nemátodo.

La gran ventaja del control químico es su rapidez de acción y la protección - que dan a las plantas permiten obtener rendimientos muy satisfactorios. Además en la actualidad existen productos de fácil aplicación y propiedades sistémicas.

Algunos de los nematocidas más comunes son: Dicloropropano, Dibrocloropropano, Bromuro de metilo, Fensultion, Phenaniphos, Dazomet, Oxamyl, Carbofuran y Aldicarb.

#### Métodos legislativos

Las cuarentenas para ser efectivas deben ser rigurosas. En el caso de los nemátodos cualquier planta puede ser portadora de cualquier estadio. Un examen ligero no es suficiente para detectar su presencia y es conveniente utilizar métodos de extracción. Aún cuando una especie esté ya presente, no es recomendable su introducción porque puede ingresar una nueva raza.

#### Control Integrado

Como cada medida por si sola presenta desventajas es necesario integrarlas para combinar su efectividad, contrarrestar las desventajas, resguardar los factores de productividad de los suelos y preservar los enemigos naturales de los nemátodos.



LA NECESIDAD DEL ANALISIS COSTO/BENEFICIO EN EL DESARROLLO DE PROGRAMAS  
DE MANEJO INTEGRADO DE PESTES

Perry L. Adkisson, Profesor de Entomología.  
Raymond E. Frisbie, Entomólogo Extensionista  
Ronald D. Lacewell, Profesor de Economía Agrícola  
Texas A & M University  
College Station.

INTRODUCCION

Un entendimiento claro de los aspectos económicos del control de pestes es una necesidad fundamental para cualquier esquema de protección de cultivos. Resulta especialmente importante al desarrollo de sistemas integrados de Manejo de pestes porque los beneficios económicos que resultan de la implementación del sistema por los agricultores puede ser más difícil de demostrar que el simple uso de un insecticida aplicado en forma regular. En el caso del sistema integrado el problema es complejo porque la evaluación debe incluir alguna medida de la efectividad del sistema total de producción del cultivo, incluyendo todas las medidas de supresión (cultural, química y biológica), usadas contra la plaga durante el año. El problema es mucho más simple si se evalúa la efectividad de un tratamiento de un insecticida (o una serie de tratamientos) aplicado para proteger el cultivo. En este caso, el costo de las aplicaciones de pesticidas restado del valor del incremento en el rendimiento obtenido (comparado con una parcela no tratada) se usa a menudo, para demostrar los beneficios económicos para el agricultor, que se produce por el uso de insecticidas.

Estos tipos de evaluaciones han sido una de las mayores fuerzas para influir sobre los agricultores a fin de que confíen más en los insecticidas para proteger a los cultivos que en los sistemas integrados de control de pestes.

La Importancia del Análisis Beneficio/Costo.

Como lo sabe todo agricultor, los costos de control de pestes ( y las pérdidas causadas por pestes) solo son una parte de los muchos costos que intervienen en la producción de un cultivo. Sin embargo, estos costos a menudo son exagerados por muchos especialistas en producción de cultivos y aún por los agricultores mismos. Por ejemplo, el algodónero es un cultivo en el cual se considera que los costos de control de plagas y enfermedades son muy altos; sin embargo, en términos de costos totales de producción del cultivo, el porcentaje promedio del costo total de producción por insecticidas y fungicidas en los Estados Unidos es de solamente alrededor del 5%. Porcentajes mucho más grandes se gastan en terreno, maquinaria, mano de obra, cosecha y desmote (Smith, 1971; Sprott, 1974).

Debemos estar conscientes, sin embargo, que los promedios no representan una medida completa de la pérdida porque ellos raramente indican lo que paga el agricultor individual, puesto que los daños causados por los insectos nunca están distribuidos de manera uniforme. Algunos agricultores pueden perder mucho, o todo el cultivo mientras que otros pueden perder muy poco, si es que pierden. El agricultor que pierde todo su cultivo pue-

de quedar arruinado financieramente mientras que el agricultor que evita el daño de la peste, o cuya pérdida es menor que el promedio puede en realidad beneficiarse si las pérdidas generales del cultivo son suficientes para provocar precios más altos (Isely, 1937). Pero los precios más altos para los productos agrícolas son de considerable interés para los consumidores, políticos y funcionarios del gobierno. De esta manera los costos/beneficios de la protección de cultivos tienen una manera de trasladarse a las finanzas y otros recursos disponibles para ser usados en el desarrollo e implementación de los programas de protección de cultivos. Por esta razón, es muy importante que la evaluación económica se considere desde un comienzo en el proceso de planificación de las mayores de programas de investigación y extensión sobre manejo de plagas.

No hay un método completamente satisfactorio para estimar los daños de pestes a los cultivos o los beneficios que se derivan del control de pestes, sobre grandes regiones de cultivo. Los estimados más exactos han sido efectuados por especialistas profesionales en protección de cultivos trabajando en parcela experimentales donde las parcelas que reciben diferentes grados de control se comparan con aquellas que no reciben control. Los resultados obtenidos han sido extrapolados a grandes áreas, pero debido al alto grado de error que esta involucrado, a menudo las pérdidas han sido sobre-estimadas.

Aunque estos tipos de estimados de pérdidas son valiosas no resultan adecuadas para nuestras necesidades. Lo que se necesita es un método de evaluación del impacto económico del manejo de plagas sobre sistemas de producción de cultivos a gran escala o nivel regional. La mayoría de las evaluaciones de programas en el pasado no han considerado las variaciones en las variedades cultivadas, las diferencias en los niveles de manejo, las diferencias climáticas entre regiones, las diferencias entomológicas, agronómicas y de habitat regional cuando comparan a los agricultores que usan los sistemas más avanzados de manejo de pestes con aquellos que practican otros métodos.

Un método más preciso y directo para evaluar los costos y beneficios del manejo de pestes ha sido desarrollado en Texas por Frisbie et al (1976) que supera todos los inconvenientes de los métodos previos. Este método toma en consideración todas las variables antes mencionadas y ha sido probado en varios programas de manejo integrado de plagas del algodón.

#### El Método

La variación debido a diferencias varietales, prácticas de irrigación y capacidades de manejo pueden obscurecer las diferencias entre una muestra de productores seleccionados tomados al azar dentro de un programa de Manejo Integrado de Pestes (MIP) cuando se comparan con participantes que carecen de éstos programas (grupo testigo). Se instalaron componentes en el diseño de evaluación para minimizar esta variabilidad y para aumentar la probabilidad de seleccionar productores que usan altos y similares sistemas de producción de cultivos. Los productores que usan procedimien-

tos MIP y aquellos que utilizan procedimiento convencionales de Control Químico fueron seleccionados al azar. Todos cumplían los siguientes criterios: (1) cultivaban la misma variedad de algodón o variedad similar; (2) usaban las mismas prácticas de irrigación (o en ciertas áreas no irrigaban); (3) tenían las mismas capacidades empresariales generales (por ejemplo, tenían alto nivel o eran administradores típicos, basados en sus historias los de ingreso anual y rendimiento por acre).

Se colectaron dos tipos de información tanto de los productores de MIP como del grupo testigo. Estos datos fueron: (1) costos por acre debido a los insecticidas usados, y (2) la cantidad de dólares recibida por la producción de algodón por acre. Esto incluyó el dinero recibido por la fibra y la semilla a los precios del mercado. El costo promedio por acre por insecticida, las aplicaciones y los ingresos por rendimientos de cada grupo en prueba fueron evaluados usando el "enterprise budget generator" ("generador de presupuestos de empresas") desarrollado por Walker y Kletke (1972). El "enterprise budget generator" computarizado demostró ser una herramienta para establecer los costos y retornos por acre. Los presupuestos empresariales se desarrollan anualmente para los administradores agrícolas de alto nivel y los típicos para cada cultivo importante y para cada área de producción principal en Texas -- (Sprott, 1974). Se incluye en el presupuesto los ingresos generales por los rendimientos, todos los costos (fijos y variables) y retornos netos. Un ejemplo de los presupuestos que se producen se muestra en la Tabla 1 para agricultores de algodón que usaron el MIP en la parte baja del valle de Río Grande de Texas en 1974 (Frisbie et al 1976).

Debido a diferencias en los factores geográficos, climáticos, agronómicos y económicos en las tres áreas donde se prueban programas de MIP (la región baja del valle de Río Grande, Los Blacklands y la región de trans-Pecos), se hicieron evaluaciones independientes para cada región -- usando el "enterprise budget generator". Todos los productores seleccionados fueron considerados administradores de alto nivel debido a ser el tipo de personas que aceptan en primer lugar el uso de nueva tecnología. Todos los productores con MIP fueron considerados administradores de alto nivel.

Se usaron los precios de la semilla y fibra de algodón en el mercado correspondiente al mes de Diciembre para los años 1973 y 1974. Insertando el promedio ponderado de los ingresos brutos de rendimientos (en dólares) y los costos de insecticidas por acre dentro del segmento apropiado del presupuesto regionalizado se generaron los retornos netos para los participantes con MIP y el grupo testigo. Manteniendo constantes todos los datos de ingresos al "enterprise budget generator" para las regiones individuales se compararon los recibos de rendimientos brutos y los costos de insecticidas para determinar el impacto en el retorno neto. El costo de cosecha varió debido a que es una función del rendimiento y no una asignación por acre.

### Los resultados

Los ingresos brutos, los costos, los retornos netos y las diferencias en retornos netos producidos entre los participantes con MIP y los que no lo tuvieron se resumen en la Tabla 2. En cada año el programa de MIP aumentó los retornos netos de los agricultores participantes en comparación con aquellos que usaron los procedimientos convencionales. El incremento en ganancias por acre en 1973 para los participantes con MIP en el Valle de Río Grande fue de 55.31 dólares/acre, en Blacklands fue de - - 17.95 dólares/acre, y en el Trans-Pecos fue de 30.19 dólares/acre. En 1974, el incrementado retorno neto por acre para los casos anteriores, sobre el grupo testigo fue de 15.73 dólares/acre, 18.89 y 61.84 respectivamente.

Los presupuestos también muestran las diferencias que ocurren cuando el precio del cultivo es alto (1973) o bajo (1974). Los costos de producción más altos y los precios más bajos para la fibra redujo los retornos en 1974. Tanto los participantes de MIP como aquellos que no participaron en la región de Blacklands sufrieron pérdidas en 1974. En la región del Trans-Pecos, los participantes del MIP pudieron sacar algún beneficio - mientras que los no-participantes sufrieron una pérdida substancial. Debido a que los productores del Valle Río Grande tuvieron la producción más temprana de los Estados Unidos lograron contratos para sus productos a buenos precios con bastante anticipación a la cosecha. Como resultado tanto el Sistema del MIP como el sistema convencional produjeron buenas ganancias pero las ganancias para los participantes del MIP fueron alrededor de 16 dólares/acre más altas que el grupo testigo.

Estas informaciones muestran las ventajas que pueden lograrse en términos de ganancias por acre para los productores que implementan programas de MIP. Aunque los métodos que se describen aquí fueron desarrollados para un programa de algodón en Texas ellos pueden adaptarse para otros productos y otros programas. El único punto que se necesita son estimados presupuestales confiables adecuados para el sistema de budget enterprise generator. Esto es una tarea relativamente simple y puede ser hecha fácilmente por economistas usando la metodología desarrollada por Walker y Kletke (1972). Una vez que se ha desarrollado la información básica, los datos pueden ser procesados en una calculadora manual programable, relativamente barata.

Este es el tipo de información que debe generarse si se quiere que la gente que controla los recursos necesitados para auspiciar el trabajo de investigación y extensión en protección de cultivos debe ser convencida del valor del MIP. También esta es la clase de información que se necesita para convencer a los agricultores que el MIP es el sistema económica - mente más beneficioso que pueden usar.

Tabla 1.- Estimados costos y retornos por acre de participantes de un Programa de manejo de pestes de algodón, bajo riego en la región del valle de Río Grande en Texas, 1974 (Frisbie et al 1976).

	Unidad	Precio o cost/unid.	Cantidad	Valor o costo
<b>1. Ingreso bruto por producción</b>				
fibra	lbs.	0.60	648.10	388.86
semilla	ton.	140.00	0.52	72.80
<b>Total</b>				<u>461.66</u>
<b>2. Costos variables</b>				
<b>Pre-cosecha</b>				
semilla	lbs.	0.37	20.00	7.40
Fertil(80-0-0)	acre	20.00	1.00	20.00
Herbicida	acre	5.00	1.00	5.00
Insecticida	appl.	4.54	12.49	56.70
Contaje	acre	0.75	1.00	0.75
Agua	appl.	2.50	3.00	7.50
Maquinaria	acre	4.82	1.00	4.82
Tractores	acre	8.71	1.00	8.71
Maquinaria de irrigación	acre	3.00	1.00	3.00
Mano de obra (tractor y maquinaria)	hora	2.25	5.75	12.95
Mano de obra (irrigación)	hora	1.25	4.50	5.62
Interés sobre capital	dol.	0.10	54.34	5.43
<b>Subtotal, pre-cosecha</b>				<u>137.89</u>
<b>Costos de cosecha</b>				
Defoliante	acre	2.75	1.00	2.75
Aplicación Def.	appl.	2.00	1.00	2.00
Transporte, desmote	bale	30.00	1.30	39.00
Maquinaria	acre	10.28	1.00	10.28
Mano de obra (tractor y maquinaria)	hora	2.25	1.56	3.50
<b>Subtotal, cosecha</b>				<u>57.33</u>
<b>Total de costo variable</b>				<u>195.41</u>
<b>3. Ingreso sobre costos variables</b>				266.24
<b>4. Costos fijos</b>				
maquinaria	acre	27.52	1.00	27.52
tractores	acre	8.00	1.00	8.00

Tabla 1.- continuación.....

	Unidad	Precio o cost/unid.	Cantidad	Valor o costo
maquinaria irrigación	acre	12.06	1.00	12.06
Tierra (renta neta)	acre	50.00	1.00	<u>50.00</u>
Total costos fijos				<u>97.59</u>
5. Total costos				293.65
6. Retornos netos				168.65

Tabla 2.- Ingresos brutos, costos y retornos netos por acre para 1973 y 1974, para participantes de Programas de Manejo Integrado de Pestes en algodón y no participantes en Texas. (Frisbie et al, 1976)

	Valle de Rio Grande		Blacklands		Trans-Pecos	
	No Participantes	Participantes	No Participantes	Participantes	No Participantes	Participantes
<b>Total de acres en la muestra</b>						
1973	3781	6537	1270	1272	5069	3977
1974	3126	5192	1665	1341	541	2035
<b>N° de individuos muestreados:</b>						
1973	22	22	22	22	14	14
1974	16	16	20	20	12	12
<b>Promedio de ingresos brutos</b>						
1973	\$312.40	\$247.75	\$211.60	\$190.40	\$386.13	\$363.40
1974	461.66	448.56	124.52	99.04	369.65	354.39
<b>Promedio de costos totales:<sup>a</sup></b>						
1973	\$207.91	\$198.04	\$118.56	\$115.31	\$271.70	\$280.06
1974	293.00	295.63	132.83	126.24	365.54	412.12
<b>Promedio retorno neto:<sup>a</sup></b>						
1973	\$104.49	\$ 49.18	\$ 93.04	\$ 75.09	\$114.43	\$ 83.84
1974	168.65	152.93	-8.31	-27.20	4.11	-57.73
<b>Diferencia en retornos netos</b>						
1973	+ \$ 55.31		+ \$ 17.95		+ \$ 30.59	
1974	+ 15.73		+ 18.89		+ 61.84	

<sup>a</sup> Los promedios fueron ponderados por acre para evitar las diferencias de área entre las muestras.

Bibliografia

- Frisbie, R.E., J.M. Sprott, R.D. Lacewell, R.D. Parker, W.E. Buxkemper, W.E. Bagley, and J.E. Norman. 1976. A practical method of economically evaluating an operational cotton pest management program in Texas. J. Econ. Entomol. 69:211-214.
- Isely, D. 1937. Methods of insect control. Burgess Publ. Co., Minneapolis.
- Smith, R.F. 1971. Economic aspects of pest control. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol.. Animal Control by Habitat Management (Tallahassee Fla., Feb. 25-27, 1971). pp. 53-83.
- Sprott, J.M. 1974. Texas crop budgets. Texas Agric. Ext. Service MP-1027.
- Walker, R.L. and D.D. Kletke. 1972. The application and use of the Oklahoma State University crop and livestock budget generator. Okla. State Univ. Agric. Exp. Stn. Res. Rpt. P-663.

## MEDICION DE LAS PERDIDAS EN LOS CULTIVOS CAUSADOS POR INSECTOS

Perry L. Adkisson, Profesor de Entomología  
Texas A & M University, College Station, Texas 77843

y

Ray F. Smith, Profesor de Entomología  
University of California, Berkeley, California 94720

### INTRODUCCION

El conocimiento de la magnitud del daño que una plaga insectil puede causar es de primera importancia en el desarrollo de medidas para su control. El costo de las medidas de control debe justificar la cantidad de daño que la plaga causaría si no fuera controlada. Establecer la necesidad para medidas de control directo (el uso de límites económicos) es el primer principio del control integrado de cualquier cultivo (Isely, 1937; Stern, 1966; Smith, 1969).

Aún más, el estimado de la magnitud de las pérdidas de un cultivo causado por plagas importantes es un asunto de interés tanto de los consumidores como de los agricultores. El gobierno también está interesado con el control de plagas y las pérdidas de los cultivos producidos por los insectos puesto que el dinero público el que se otorga a los investigadores científicos y a los especialistas en extensión para evitar pérdidas en los cultivos esenciales o para efectuar investigaciones sobre los métodos que son necesarios para el control de plagas (Isely, 1937).

### Clases de Daños de Insectos

Cualquier especie de plaga en particular puede causar una variedad de tipos de daños según se alimente de las diversas partes de una planta o en los varios estados de desarrollo de la planta. Un buen ejemplo es el barrenador europeo del maíz, Ostrinia nubilalis, que se alimenta de las hojas, panojas, tallos, brácteas, mazorcas y granos produciendo crecimiento vegetativo reducido, rotura del tallo, caída de la mazorca, y reducción en el grano cosechado (Chiang, 1965). Otro ejemplo es el mazorquero Heliothis zea. En otros casos, el daño puede ser producido por una combinación de especies de insectos (por ejem. chinches Lygus spp. en semilla de alfalfa) o una combinación de un insecto con un agente patógeno (por ejemplo, el bellotero del algodón y las pudriciones de la bellota). En todo caso es útil distinguir diversos tipos de daño a las plantas pues el tipo de daño afecta el potencial de pérdida del cultivo y también la dificultad para estimar en forma precisa el daño real. Distinguiremos cinco tipos de daños. Los tipos I y II pueden ser considerados como daño indirecto en el sentido que el insecto no ataca directamente la parte utilizada por el hombre. Los tipos III, IV y V son formas de daño directo. En general, desde el punto de vista económico nosotros podemos tolerar niveles más altos de daño indirecto que de daño directo. Turnbull y Chant (1961) han sugerido que los proyectos de control biológico han sido más exitosos con los insectos que causan daño indirecto.

### Daño Tipo I - Pérdida de Capacidad Productiva:

Los insectos se alimentan de partes de las plantas (hojas, raíces, tallos, etc) y dañan a la planta pero no la matan. El vigor, la longevidad o la "capacidad productiva" de la planta se reducen (Henson y Stark, 1959; Turnbull y Chant, 1961). En unos pocos cultivos, aparentemente hay una correlación muy estrecha entre el área foliar y el rendimiento por consiguiente cualquier reducción en el área foliar produce pérdida de cosecha. En la mayoría de los otros cultivos, hay un exceso de follaje o una considerable habilidad para compensar la pérdida de hojas, raíces o frutos. Con estas plantas, no se requiere la totalidad del follaje para crecimiento y fructificación máximos (Watson, 1956). Con algunos tipos de alimentación de insectos no hay pérdida del área foliar o solo lo hay en muy poco grado, por ejemplo, en el caso de trípodos, cigarritas y arañitas rojas pero se reduce la capacidad fotosintética de las hojas (Medler, 1941). El daño tipo I puede demorar la madurez del cultivo (McKinley y Geering, 1957). Basado en la naturaleza de la estación de crecimiento, esta demora puede resultar en un aumento o en una disminución del rendimiento. Por ejemplo, la demora puede llevar la época de maduración de cultivo a período de condiciones más favorables o menos favorables para el crecimiento (por ejemplo más lluvia) o a períodos con riesgos mayores o menores de plagas. Los efectos de daño tipo I, a menudo sutiles, pueden prorrogarse de una estación a otra en el caso de plantas perennes, por ejemplo reducción en la floración, en las yemas frutíferas o en el crecimiento vegetativo de la siguiente estación (Grainger, 1956). Ejemplos de daño tipo I son los daños que las arañitas causan a las hojas del manzano (Blair, 1951), o al algodón (Roussel *et al*, 1951), la alimentación foliar del barrenador europeo del maíz (Chiang y Holdaway 1959), la cigarrita salivosa de la alfalfa (Mathur y Pienkowski, 1967) y el daño de los saltamontes.

### Daño Tipo II - Pérdida de Plantas:

Los insectos destruyen la planta entera y se reduce la densidad de la plantación. El tiempo en que ocurre tal pérdida es crítica. Para muchos cultivos anuales y bianuales, las plantas adyacentes pueden compensar la pérdida desarrollando mejor si la pérdida ocurre en una etapa temprana de desarrollo del cultivo. Aún si es necesario resembrar el campo a veces hay suficiente tiempo para obtener una cosecha completa. El tiempo de reemplazo para árboles frutales aumenta grandemente la importancia económica de este tipo de daño en plantas perennes (Grainger, 1956). Un ejemplo de daño tipo II es la pérdida de densidad en beterraga azucarera que ha sido bien estudiada (Jones *et al*, 1955)

### Daño Tipo III - Daño Directo:

Los insectos dañan directamente o destruyen la parte de la planta que utiliza el hombre (hoja, fruto, semilla, fibra, etc). La compensación es menos probable, sin embargo ocurre en ciertos casos. El daño de este tipo puede ser compensado por el reemplazo posterior de la parte dañada pero se retrasa la madurez del cultivo. Cuando algunos frutos son eliminados por los insectos hay menos competencia por las reservas metabólicas

de la planta y los frutos que quedan resultan más grandes (Goodman, 1956). La evaluación de la pérdida del cultivo es algo más fácil con este tipo de daño, porque el daño directo puede ser fácilmente contado o medido. Sin embargo, frecuentemente tales contadas del daño al tiempo de la cosecha subestiman el total del daño. Esto puede ser el caso cuando los frutos inmaduros dañados caen de la planta.

#### Daño Tipo IV - Contaminación del Producto:

Los insectos contaminan los productos para el mercado (Bartels y Cramer, 1966). En la mayoría de los casos, la mera presencia de insectos no es una indicación de contaminación ni es una amenaza al hombre, pero pueden haber algunas excepciones. En muchos casos, la contaminación por insectos afecta la apariencia y por consiguiente la calidad para el mercado, pero no la calidad nutricional del producto. En otras situaciones la contaminación por insectos no puede ser detectada por el consumidor pero se convierte en un factor económico importante debido a las regulaciones gubernamentales y a las inspecciones.

#### Daño Tipo V - Destrucción de Productos Almacenados:

Es útil considerar este daño como una categoría aparte porque el cultivo a menudo ha salido del productor a los canales comerciales. Consecuentemente, cambia la economía del control. El daño tipo V está fuertemente influenciado por el nivel de la infestación inicial, el tiempo del período de almacenamiento y las condiciones del almacenamiento.

#### Evaluación del daño a la planta y la Pérdida potencial del cultivo

La buena experimentación que involucra la evaluación del daño que causan los insectos a las plantas requiere de un control preciso de las densidades de los insectos y del grado de daño a la planta así como de un estimado exacto del cultivo en términos de cantidad y calidad, el razonable control de las variables del ambiente que modifican el perjuicio del insecto; y la evaluación económica de la pérdida o ganancia del cultivo (Hyslop, 1938; Judenko, 1965a, 1965b). No puede sobre enfatizarse que tanto el rendimiento (es decir, peso volumen o cantidad) y como la calidad debe considerarse en la evaluación del daño. La evaluación de la calidad es generalmente más fácil cuando se dispone de sistemas de grados como en el caso de granos, algodón y algunos frutos. El uso final del cultivo a menudo altera lo que se puede considerar como pérdida para el cultivo. Por ejemplo, durante la mayor parte de la producción del cultivo, el agricultor de uvas sin semilla Thompson en el valle de San Joaquín frecuentemente puede no saber si está produciendo uvas de mesa, para vino o para pasas. Los niveles tolerables de daños son diferentes para cada uno de estos últimos usos. De la misma manera ocurre con el maíz que puede usarse para la mesa, enlatado o para chala. El tipo de daño que produce el barrenado europeo del maíz puede o no resultar en una pérdida de cosecha, dependiendo del uso final que se le da al maíz. Otro punto que necesita ser enfatizado en estos tiempos modernos, es que el "daño aparente"

o daño que es estimado "al ojo" a menudo no está relacionado a la pérdida de la cosecha (Strickland, 1960), tal como lo indicó Judenko (1965b), el mejor método de evaluar el daño de la planta depende mucho de la especie de insecto, el tipo de daño y el cultivo particular. Judenko ha desarrollado una excelente lista de varias técnicas de evaluación, aquí, me gustaría revisar esta lista y expandirla ligeramente.

#### Evaluación del Daño antes y después de la Introducción de una Plaga en una Area:

Esto es a menudo muy difícil de hacer, pero, sin embargo en algunos casos se ha proporcionado información dramática, como por ejemplo en la introducción del picudo mejicano del algodónero a los Estados Unidos - - (Hunter, 1924) y el áfido manchado de la alfalfa (Smith, 1959).

#### Evaluación del Daño antes y después de la Introducción de procesos exitosos de control:

Decker (1954) y Noone (1958) trataron de hacer esto con relación al control químico. Similarmente, Painter (1951) con variedades resistentes y DeBach (1964) con Control Biológico han presentado estadísticas muy interesantes. Tanto este método como el precedente dan alguna indicación del impacto total de las plagas en la producción del cultivo pero son de poco uso cuando tratamos de evaluar pérdidas dentro de los campos o estación por estación.

#### Comparación de Plantas Infestadas Naturalmente con Plantas Naturalmente sin infestación :

Una variación de este método ampliamente utilizada es el estudio de regresión de las infestaciones de insectos y los rendimientos en campos distribuidos sobre una área o aún en diferentes estaciones. Esta técnica tiene sus desventajas obvias, pero algunos de los estudios han sido de los más útiles para darnos una visión introductoria de la relación entre el perjuicio del insecto y el daño al cultivo (Brown, 1964). Cuando se comparan plantas en el mismo campo o en diferentes partes del mismo campo, se introducen complicaciones derivadas de la oviposición selectiva que hace que la interpretación sea riesgosa. Por ejemplo, el barrenado de las raíces del trébol pone más huevos tempranamente sobre plantas debilitadas (Pruess, 1959). Las infestaciones de ocurrencia natural también pueden variar debido a diferencias en clima, fecha de siembra, prácticas de fertilización, irrigación, poda, etc. Y como se indicó anteriormente, estos factores secundarios pueden confundir la interpretación de los rendimientos (Harris, 1962). Otro factor que complica en las infestaciones naturales es que si uno compara plantas adyacentes dañadas y no dañadas, las plantas dañadas pueden carecer de habilidad competitiva y por consiguiente las plantas no dañadas crecen más rápidamente que lo que lo harían en una densidad uniforme. Esta complicación puede exagerar los efectos dañinos. Esto probablemente explica las grandes diferencias en rendimientos cuando se comparan plantas dañadas por trips con plantas vecinas no dañadas (Gaines, 1934) y la falta de diferencia en rendimientos cuando se utilizan otras técnicas de evaluación (Gaines et al . 1948).

Estudios en jaulas: Se han usado jaulas de variados tamaños, formas y materiales sea para excluir a los insectos o para retener a las infestaciones. Es casi imposible eliminar las modificaciones del micro-ambiente con las jaulas y, consecuentemente, los procedimientos experimentales y los diseños deben ser desarrollados muy cuidadosamente para compensar los efectos de la jaula (Deane y Morrison, 1957). Las jaulas pueden utilizarse para cubrir una porción de un campo o una porción de una planta. Es difícil manejar jaulas con plantas muy grandes, tales como árboles, o por largos períodos de tiempo. En el caso de insectos no-voladores como ciertos chinches, las jaulas pueden ser substituidas por barreras. El uso de barreras eliminan la mayoría de los problemas de modificación del micro-ambiente. En algunos casos será posible utilizar las jaulas por un período limitado de tiempo durante el vuelo de los adultos de manera que se evita la oviposición (Rah y Lofty, 1957). Láminas de plástico pueden usarse para cubrir el suelo y evitar la entrada de insectos subterráneos (Bardner y Griffiths, 1967).

Infestaciones artificiales: Las infestaciones artificiales se usan a menudo en combinación con los estudios en jaulas, pero las jaulas no necesariamente son requeridas. Es muy difícil controlar el tamaño y la calidad de la población de insectos bajo condiciones experimentales, particularmente en jaulas. Los insectos mueren, se multiplican, pasan por metamorfosis. Los experimentadores han tenido una tendencia a sobre-poblar las jaulas con infestaciones artificiales. En este tipo de experimento, las poblaciones producidas artificialmente deben corresponder o estar relacionadas con aquellas que ocurren bajo condiciones normales de crecimiento. Las infestaciones artificiales generalmente comparan diferentes niveles de inocular, pero también pueden usarse de diversas otras formas, para estudiar el daño y pérdidas de cultivos. Las infestaciones pueden establecerse a diferentes puntos de una planta, en diferentes fechas, en diferentes partes de la planta a diferentes edades del fruto y por diferentes períodos de tiempo.

Tratamientos Químicos: Una inmensa literatura en entomología económica con tiene muchos ejemplos de comparaciones entre poblaciones de insectos tratadas y no tratadas y el efecto en los rendimientos del cultivo. El gran número de factores que complican las interpretaciones claras de tales experimentos casi imposibilitan su uso para establecer el impacto de los insectos en la pérdida de rendimientos. Los productos químicos pueden afectar a las plantas directamente y así influir en los rendimientos además del efecto del cambio en la población de insectos.

. Los productos químicos pueden afectar otros organismos distintos a la plaga-objetivo bajo estudio; por ejemplo la influencia sobre los enemigos naturales puede confundir el plan de tratamiento y los resultados de los rendimientos. Mezclas de plagas de insectos generalmente son afectados de manera desuniforme. Como es bien conocido, las áreas tratadas especialmente en experimentos de pequeñas parcelas, pueden atrapar insectos que se movilizan desde las áreas no tratadas, y así las poblaciones de las áreas no tratadas se reducen. Como lo indica Tomes (1967a; 1967b) con toda claridad en tales estudios generalmente nosotros evaluamos la utilidad de los tratamientos químicos, no el rol del daño causado por una plaga específica.

La Remoción Artificial de Plagas: La técnica de remoción artificial, generalmente la recolección a mano, es muy difícil de aplicar, excepto en plantas individuales o en áreas muy pequeñas (Judenko, 1938). Algo que se debe tener en mente con respecto al recojo a mano, es que el recojedor es un predator dependiente de la densidad. En algunas situaciones, si no en todas, debido a su limitada capacidad de búsqueda, el recolector no será capaz de eliminar las plagas sino reducirlas a cierto nivel definido (Le Reeley, 1935).

La Manipulación de Enemigos Naturales: Aunque la manipulación de enemigos naturales ofrece una manera de evaluar el daño que causa los insectos a la planta, esta técnica no ha sido usada ampliamente (Grainger, 1959). De la misma manera, la manipulación de otros aspectos del ambiente, incluyendo las prácticas culturales, podrían usarse para modificar los niveles de las poblaciones. Estos métodos tienen tantas interacciones potenciales secundarias que su uso sólo sería factible bajo circunstancias especiales.

Daño simulado: Por medio del daño artificial o eliminación de hojas u otras partes de la planta, muchos investigadores han tratado de imitar los daños de las plagas. En ello han estado involucrados fitopatólogos, horticultores, agrónomos, fisiólogos vegetales así como entomólogos (Chester 1950). El estudio de daños por granizo ha constituido gran parte de estas investigaciones. Debe recordarse que el daño simulado tal como se ha desarrollado en estos experimentos, no siempre es equivalente al daño de los insectos (Jones *et al* , 1955). Los insectos pueden persistir por ciertos períodos de tiempo o infectar toxinas de largo efecto, en lugar de producir todo el daño en forma instantánea. La alimentación en el margen de una hoja puede no ser equivalente a quitar tejido del centro de las hojas. La alimentación de los insectos normalmente se extienden por cierto período de tiempo y muy pocos estudios de simulación han incorporado el concepto de una tasa de daño. Aún más, el tipo de eliminación de la hoja puede ser importante, por ejemplo, edad, calidad y posición en la planta (Chester, 1945). También es crítico el tiempo en que se realiza la simulación del daño respecto al estado de crecimiento de la planta - - (Chester, 1945).

#### Metodología para Evaluar las Pérdidas de los Cultivos

Los estimados de las pérdidas de los cultivos causados por insectos para una región o país pueda derivarse de experimentos simples, estandarizados sobre evaluación de pérdidas de cultivos conducidos en fundos o estaciones experimentales (Le Clerg, 1971). Técnicas para efectuar estos trabajos han sido bien definidos en términos de principios generales y métodos estadísticos para plagas específicas en el manual UN/FAO "Crop Loss Assessment Methods-FAO Manual on the Evaluation and Prevention of Losses by Pests, Diseases and Weeds".

En general, los métodos experimentales para evaluar las pérdidas de cultivos deben involucrar : (1) evaluación uniforme y reproducible de las densidades de las plagas; (2) determinación de los rendimientos del cultivo y de la relación entre la densidad y el rendimiento y (3) el uso de -

técnicas estadísticas para resumir y evaluar la validez de la información colectada (LeClerg, 1971).

El principal objetivo de la mayoría de los experimentos sobre evaluación de pérdidas de cultivos es una comparación de condiciones controladas y condiciones no-controladas (experimentos con tratamientos apareados) que involucra un estimado de la densidad de la plaga y el rendimiento en una serie de lugares. El tratamiento estadístico de los datos puede hacerse en forma bastante simple por el uso de la prueba de "t" y por el uso de análisis de correlación y regresión (Le Clerg, 1971).

Las buenas técnicas de experimentación que involucran la evaluación del daño de los insectos a las plantas requiere de un control exacto de las densidades de los insectos, el grado de daño de los insectos a las plantas, la habilidad de las plantas para compensar los daños, y el efecto del ambiente sobre la habilidad de los insectos para mantener sus densidades y la habilidad de la planta para tolerar el daño. Una vez que la información base sobre estos aspectos se ha desarrollado, la evaluación de las pérdidas en campos individuales o a nivel regional es más un problema de muestreo que un problema de investigación.

Las complejidades en la medición de pérdidas de cultivo y la evaluación del daño del insecto son numerosas. Solamente tenemos la información preliminar de lo que se necesita para iniciar buenos experimentos para estimar en forma confiable las pérdidas que producen las plagas a los cultivos. Sin embargo no debemos dejar que las dificultades contenidas en esta gran tarea nos imposibiliten de ir al campo y obtener la información que necesitamos. El valor de la información que se gana con este tipo de actividad es esencial para determinar los objetivos de la planificación agrícola y la investigación futura y como una guía para el desarrollo de mejores sistemas de Manejo Integrado de Plagas.

#### Bibliografía

- Bardner, R. and Griffiths, 1967. Winter wheat and wheat bulb fly. In Johnson, C.G., "Entomology Department". Rothamsted Experimental Station Report for 1966. (in press).
- Bartels, W. and H.H. Cramer. 1966. Side-effects of plant diseases, plant pests and weeds on the health of man and animals and on the quality of harvested products. *Pflanzen-Nachr.*, 19(3): 125-186.
- Blair, C.A. 1951. Damage to apple leaves by the fruit tree red spider mite, *Metatetranychus ulmi* (Koch). *Ann. Rept. E. Malling Sta.*, 1949-50: 152-154.
- Brown, H.E. 1964. Correlation between population levels of the Hessian fly and yield of wheat forage and grain. *Proc. North Central Branch, Entomol. Soc. Amer.*, 19:40-42.
- Chester, K.S. 1945. Defoliation and crop loss. *Plant Dis. Rept.*, 29:162-168.

- Chester, K.S. 1950. Plant disease losses: their appraisal and interpretation. Plant Dis. Rept., suppl, 193:190-362.
- Chiang, H.C. 1965. Relation of Ostrinia nubilalis (Hbn.) to the growth and yield of Zea mays (L.). Proc. XII the Int. Congr. Entomol., London (1964): 665-67.
- Chiang, H.C. and Holdaway, F.G. 1959. Effect of Pyrausta nubilalis (Hbn) on the growth of leaves and internodes of field corn. J. Econ. Entomol., 52(4): 567-572.
- Deane, B.C. and F.O. Morrison. 1957. The distribution and importance of the clover root borer, Hylastinus obscurus (Marsh) in Quebec. Canad. J. Plant Sci., 37:26-33.
- DeBach, P. (Editor). 1964. Biological control of insect pests and weeds. Reinhold Publ. Corp., New York. 844 pp.
- Decker, G.C. 1954. Insects in the economic future of man. Agric. Chem., 9(2): 36-39, 111-117.
- Gaines, J.C. 1934. A preliminary study of thrips on seedling cotton with special reference to the population, migration, and injury. J. Econ. Entomol. 27: 740-743.
- Gaines, J.C., H.A. Dean, and R. Wipprecht. 1948. Control of thrips on cotton. J. Econ. Entomol. 41(3): 510-512.
- Goodman, A. 1956. The effects of leaf, bud and fruit pruning upon X1730A cotton at Tokan, Sudan. Empire Cotton Gr. Rev. 33:24-34.
- Grainger, J. 1956. The economic effects of crop disease. West of Scot. Agric. Coll. Bull., 16:1-80.
- Grainger, J. 1959. The effects of disease on crop plants. Outlook on Agriculture. 2(3): 114-21.
- Harris, K.M. 1962. Lepidopterous stem borers of cereals in Nigeria. Bull. Entomol. Res., 53(1): 139-171.
- Henson, W.R. and R.W. Stark. 1959. The description of insect numbers. J. Econ. Entomol., 52(5) 847-850.
- Hunter, W.D. 1924. Methods of estimating boll weevil losses. J. Econ. Entomol. 17(2): 195-197.
- Hyslop, J.A. 1938. Losses occasioned by insects, mites, and ticks in the United States. U.S. Dpt. Agric. E-444.
- Isely, D. 1937. Methods of insect control. Burgess Publ. Co., Minneapolis.

- Jones, F.G.W., R.A. Dunning, and K.P. Humphrier. 1955. The effects of defoliation and loss of stand upon yield of sugar beets. *Ann. Appl. Biol.*, 43: 63-70.
- Judenko, E. 1938. Contribution to the knowledge of the effectiveness and economic practicability of controlling Pleris brassicae. *Roczn. Ochr. Rosl.*, 5:6, 53-66.
- Judenko, E. 1961. Assessment of crop loss due to a pest. *Tea Quart.*, 32 (4): 224.
- Judenko, E. 1965a. Some methods of assessing crop loss caused by pests. *Proc. XIIth Int. Congr. Entomol.*, London (1964):614-615.
- Judenko, E. 1965b. The assessment of economic effectiveness of pest control in field experiments (with supplementary notes). *P.A.N.S.(A)*, 11: 359-368.
- LeClerg, E.L. 1971. Field experiments for assessment of crop losses. In *Crop Loss Assessment Methods*. FAO Manual on the evaluation and prevention of losses by pests, diseases and weeds. UN/FAO, Rome, Italy. p. 2.1/1-2.1/11.
- LePelley, R.H. 1935. Observations on the control of insects by hand collection. *Bull. Entomol. Res.*, 26(4): 533-541.
- Mathur, R.B. and R.L. Pienkowski. 1967. Influence of adult meadow spittlebug feeding on forage quality. *J. Econ. Entomol.*, 60(1):207-209.
- McKinlay, K.S. and D.A. Cearing. 1957. Studies of crop loss following insect attack on cotton in east Africa. *Bull. Entomol. Res.*, 48(4): 833-849.
- Medler, J.T. 1941. The nature of injury to alfalfa caused by Empoasca fabae (Harris). *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, 34(2): 439-450.
- Noone, J.A. 1958. Pesticides' impact on food production and consumption. *J. Agric. Food Chem.*, 6:735-737.
- Painter, R.H. 1951. *Insect resistance in crop plants*. Macmillan Co. 520 pp.
- Pruess, K.P. 1959. Effect of host condition on the clover root borer. *J. Econ. Entomol.*, 52(6):1143-1145.
- Rah, F. and J.R. Lofty. 1957. Estimating crop losses due to wheat bulb fly. *Plant Pathol.*, 6(2):51-56.
- Roussel, J.S., J.C. Weber, L.D. Newsom, and C.E. Smith. 1951. The effect of infestation of the spider mite Saptanychus tumidus on growth and yield of cotton. *J. Econ. Entomol.* 44(4):523-527.

- Smith, R.F. 1959. The spread of the spotted alfalfa aphid, Therioaphis maculata (Buckton) in California. *Hilgardia*, 28(21):647-694.
- Smith, R.F. 1969. The importance of economic injury levels in the development of integrated pest control programs. *Qual. Plant Mater. Veg.*, 17(2):81-92.
- Smith, R.F. 1971. Economic aspects of pest control. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Animal Control by Habitat Management (Tallahassee, Fla., Feb. 25-27, 1971). pp. 53-85.
- Stern, V.M. 1966. Significance of the economic threshold in integrated pest control. Proc. FAO Symposium Integrated Pest Control, 2:41-56.
- Strickland, A.H. 1960. Ecological problems in crop pest control. IN Biological problems arising from control of pests and diseases. *Inst. Biol. Long.*, pp. 1-15.
- Toms, A.M. 1967a. Some aspects on the economics of crop protection. - - *P.A.N.S.*, 13(2):135-142.
- Toms, A.M. 1967b. Crop Protection Economics World Crops. April:7-8.
- Turnbull, A.L. and D.A. Chant. 1961. The practice and theory of biological control of insects in Canada. *Canadian J. Zool.*, 39:697-753.
- Watson, D.J. 1956. Leaf growth in relation to crop yield. In F.L. Milthorpa "The growth of leaves". Butterworth's Sci. Publ., London. pp. 178-191.

## TEMAS SELECTOS DE ENTOMOLOGIA GENERAL

WILLIAM E. DALE  
Profesor de Entomología  
Departamento de Sanidad Vegetal  
Universidad Nacional Agraria  
La Molina.

La Entomología General tradicionalmente incluye temas tan variados y extensos como morfología, anatomía, fisiología, comportamiento y taxonomía de insectos.

Dado el limitado tiempo disponible, nos hemos permitido seleccionar el material más directamente relacionado con la teoría y práctica de un Programa de Control Integrado de Plagas.

Durante la conferencia de la mañana se desarrollarán los siguientes temas:

- I. Ectoesqueleto: Su estructura y el proceso de muda.
- II. El sistema nervioso: transmisión de impulsos nerviosos.
- III. Organos de los sentidos en insectos: tipos e importancia en la búsqueda del alimento.

La clase teórico-práctica de la tarde comprenderá:

- IV. Metamorfosis: tipos usuales, reconocimiento de inmaduros activos (ninfas, náyades, larvas).
- V. Fundamentos sobre taxonomía: reconocimiento de adultos en los principales órdenes de insectos con importancia agrícola.

### I. Ectoesqueleto: Su estructura y el Proceso de muda

El cuerpo de los insectos está protegido exteriormente, por una cubierta más o menos dura e impermeable conocida como ectoesqueleto o integumento; este ectoesqueleto se proyecta, modificado, al interior del cuerpo para formar las pirciones anterior y posterior del canal alimenticio así como parte de las genitalias (Fig. 1) y traqueas.

El ectoesqueleto tiene estructura laminar, compuesta por una capa celular interna o epidermis y una externa o cutícula (Fig. 3A). La epidermis secreta los materiales que componen la cutícula, además de producir las enzimas usadas durante el proceso de la muda. La cutícula recién formada es suave y flexible, para luego endurecerse de afuera hacia adentro, en un proceso conocido como esclerotización. Mediante este proceso se forman enlaces químicos fuertes y estables entre moléculas de proteínas, con la intervención de quinoxinas (Fig. 2). Las proteínas modificadas toman colores oscuros, son inflexibles y cumplen la función de darle dureza al ectoesqueleto.

Cerca de la mitad del material de la cutícula está constituida por quitina; este compuesto es un azúcar complejo que en la vecindad de la epidermis toma la forma de microláminas superpuestas. La quitina sirve de material de relleno, entre el que se almacenan las proteínas no esclerotizadas; en insectos de cuerpo blando, como larvas y ciertas pupas, la quitina le dá flexibilidad al ectoesqueleto.

La impermeabilidad de la cutícula se debe a la presencia de una capa de cera en su superficie o epicutícula. Esta capa formada por moléculas orientadas y cohesionadas por fuerzas físicas, restringe la pérdida de agua a través de la cutícula, además de ser una barrera natural a la penetración de ciertos pesticidas y, por afinidad, ayudar al ingreso de otros.

Debido a la inflexibilidad de la cutícula, el insecto encuentra su crecimiento limitado al volumen interno del ectoesqueleto. Para poder aumentar de tamaño y desarrollar ciertas estructuras necesita eliminar su cutícula de tiempo en tiempo y reemplazarla por otra - que, antes de endurecerse, es lo suficientemente flexible como para permitir la expansión del cuerpo. El proceso que permite reemplazar la cutícula por una nueva se denomina muda.

La muda se inicia con el aumento del volumen o proliferación de las células de la epidermis (Fig. 3B) bajo estímulo hormonal. Como consecuencia del aumento de superficie de la epidermis ésta se separa físicamente de la cutícula iniciándose la producción conjunta de una nueva cutícula y del fluido o líquido de la muda. El fluido es un caldo enzimático encargado de digerir la porción no esclerotizada de la cutícula vieja, facilitando así su absorción por el insecto. Las enzimas permanecen inactivas hasta la formación de la capa de cera protectora en la cutícula nueva. La primera fase del proceso de muda, que culmina con la separación de la cutícula vieja y la formación de una nueva cutícula, se denomina apólisis.

La fase final de la muda o écdisis consiste en la ruptura de la cutícula vieja a lo largo de líneas débiles o suturas ecliciales - (Fig. 3C) y la salida del insecto al exterior. Una vez fuera, el insecto aumenta artificialmente su volumen por ingestión de aire, agua o por acción muscular permaneciendo así un tiempo lo suficientemente largo como para que la nueva cutícula se haga rígida.

El proceso de muda es regulado por estímulos nerviosos y acción hormonal. La hormona que condiciona a las células de la epidermis a aumentar su volumen o dividirse es la ecdisona, un esteroide producido por las glándulas protorácicas; esta hormona además controla la formación de quinonas que intervienen en la esclerotización.

Una vez que el insecto muda, la concentración de ecdisona disminuye, predominando entonces la hormona juvenil responsable de la mantención de las características inmaduras del insecto. La hormona juvenil proviene de la corpora alata, un órgano asociado al cerebro.

## II. El Sistema Nervioso: Transmisión de Impulsos Nerviosos

El sistema nervioso, es el medio por el cual los insectos aseguran el rápido y coordinado funcionamiento de sus órganos, modificando su intensidad de trabajo de acuerdo a estímulos percibidos por células sensoriales y experiencia previa. Este sistema funciona en base a la transmisión de impulsos nerviosos, usualmente de las células sensoriales al cerebro o ganglios y de éste a los órganos bajo control (Fig. 4).

La unidad anatómica del sistema nervioso es la neurona (Fig. 5), - que se caracteriza por presentar prolongaciones filamentosas, a lo largo de las cuales viajan los impulsos nerviosos. Los cuerpos de las neuronas se agrupan para formar los ganglios, mientras que las prolongaciones filamentosas reunidas conforman los nervios.

Un estímulo nervioso viaja a través de varias neuronas antes de llegar a su destino. La prolongación filamentosa que transmite el impulso nervioso es llamado axón y la neurona que lo posee es una neurona presináptica. La neurona vecina, receptora del impulso o neurona postsináptica, usualmente recibe el impulso a través de prolongaciones filamentosas más cortas denominadas dendritas. Los axones y dendritas no forman un conductor continuo; entre ellas existe un espacio llamado sinapsis (Fig. 5). La transmisión del impulso eléctrico a través de la sinapsis o transmisión sináptica involucra el uso de una sustancia química conductora, fácilmente degradable por acción enzimática. En el sistema nervioso parecen existir varias sustancias conductoras, siendo la acetilcolina la más abundante en insectos.

La acetilcolina es almacenada dentro de vesículas diminutas al extremo del axón conductor (Fig. 6A). Cuando no viaja ningún estímulo nervioso, la sinapsis carece de acetilcolina sin embargo, al llegar al estímulo, la acetilcolina de la vesícula es liberada. Esta sustancia ocasiona cambios en la permeabilidad de la membrana de la dendrita receptora; a mayor concentración o liberación de acetilcolina, tanto mayor será el grado de permeabilidad.

Las dendritas sin estímulo están cargadas negativamente y presentan dentro mayor cantidad de iones de sodio y menos potasio que el exterior. El aumento de permeabilidad por acción de la acetilcolina produce una gran migración de iones de potasio del exterior al interior de la dendrita (Fig. 6B). Las cargas positivas del potasio hacen cambiar rápidamente la polaridad de la dendrita, iniciándose así un estímulo eléctrico o potencial de acción que viajará por la neurona hacia otra neurona vecina. La transmisión sináptica en insectos varía entre 1 y 5 milisegundos, en vertebrados es mucho más rápida; en ambos después de pasado el impulso, la acetilcolina es inactivada por hidrólisis, en presencia de un catalizador orgánico o enzima, llamada acetilcolinesterasa. La acetilcolina se combina con la enzima (Fig. 6D); produciendo acetilcolinesterasa acetilada, ésta luego se combina con agua, disociándose en ácido acético y -

acetilcolinesterasa activa, la cual es reusada en otra hidrólisis. La mayoría de los insecticidas, en última instancia matan destruyendo o bloqueando, muchas veces en forma irreversible, las funciones normales del sistema nervioso. Dentro de toda la gama de familias de insecticidas (clorados, fosforados, carbamatos, piretrinas, etc), la acción tóxica de los fosforados ha sido la más estudiada en vertebrados e invertebrados. Los primeros estudios sobre la acción bioquímica de un compuesto organofosforado (DFP) fueron aparentemente hechos en 1942 por Adrian, Feldberg y Kilby en Cambridge y Dixon, Mackworth y Webb en Oxford. Los organofosforados son poderosos inhibidores de hidrolasas carboxílicas incluyendo la acetilcolinesterasa. En caso de envenamiento, la acetilcolinesterasa se combina con el compuesto organofosforado; el grupo fosfato del insecticida permanece ligado a la enzima inhibiéndola y formando un complejo estable. Como resultado de la inhibición de la enzima, las moléculas de acetilcolina se acumulan en la sinápsis ocasionando, al principio, gran excitación en el insecto envenenado y más tarde, se bloquea la transmisión nerviosa por excesiva polarización de las neuronas.

### III. Organos de los sentidos en insectos: Tipos e Importancia en la Búsqueda del Alimento.-

Los insectos han desarrollado medios para percibir cambios en el ambiente que los rodea. Células sensoriales, solas o reunidas en órganos, se han especializado en el transcurso de la evolución para registrar y enviar al cerebro información sobre la variación en la intensidad de luz, concentración de sustancias químicas incluyendo agua, así como presión atmosférica y temperatura. Para el insecto, la percepción de estos factores tiene trascendental importancia para sobrevivir como individuo y especie, asegurándose así de encontrar alimento, pareja y refugio, igualmente medios para evadir sus enemigos naturales.

La luz es percibida en insectos adultos principalmente por los ojos compuestos y en menor grado por los ocelos; larvas de insectos con metamorfosis holometábola tienen grupos de stemmata en los lados de la cabeza; estos rudimentos de ojos presentan capacidad limitada en la formación de imágenes (Fig. 8B).

Los insectos son estimulados por sustancias químicas de varias maneras. Si las sustancias están en forma gaseosa a relativa baja concentración, son percibidas como olores y el mecanismo de estímulo es conocido como olfato. Cuando el químico está al estado líquido a alta concentración, la percepción se realiza por contacto directo, y el mecanismo de estímulo se conoce como recepción química por contacto; este mecanismo no es fácilmente separable del olfato. Las células sensoriales individualmente o en grupos, que son responsables del olfato y recepción química por contacto, están repartidas en la superficie del cuerpo, sin embargo en insectos son particularmente abundantes en las antenas, piezas bucales y patas. Usualmente estos órganos de percepción química consisten de neuronas asociadas

a la epidermis, cuyas dendritas están conectadas con el exterior por pequeños orificios de la cutícula (Fig. 9A). Exteriormente, estos sensorios se observan en forma usual como pelos provistos de hileras longitudinales de depresiones (Fig. 9B).

Cualquier distorsión del cuerpo en insectos es percibido mediante sensorios especializados llamados mecanoreceptores. Estos sensorios son estimulados cuando toca algún objeto, percibe las vibraciones transmitidas a través del aire o sonido, así como vibraciones del agua y sustrato donde se posa. También se estimulan por la distorsión del cuerpo, como consecuencia del movimiento y por cambios en la presión atmosférica. Los mecanoreceptores más notorios externamente son los sensorios trichodeos (Fig. 10A); detalle de la estructura de este sensorio se presenta en la Fig. 10B.

Usando sus órganos sensoriales; los insectos se orientan y desplazan hacia el alimento preferido. En insectos fitófagos la atracción ocurre visualmente o por olfato. La langosta *Schistocerca*, se siente atraída por cualquier objeto sólido de tamaño apropiado que presente bandas verticales; esto coincide con las características de gramíneas, su alimento preferido. Los áfidos o pulgones en cambio, se orientan hacia objetos de color amarillo, pudiendo esto estar relacionado con su preferencia a alimentarse de hojas jóvenes.

Debido a la falta de precisión en los estímulos visuales, el olfato debe ser muy importante en el reconocimiento del alimento a distancias cortas. Se sugiere que ciertos olores llamados agregantes inhiben la locomoción del insecto, haciendo que este se pare en la planta que lo posee. Una vez en contacto con la planta, estímulos en los órganos de recepción química por contacto, dan el dato final del reconocimiento; el insecto entonces, comenzará a alimentarse en su planta preferida, hasta completar su capacidad estomacal o cumplir su horario diario de alimentación.

#### Temas Selectos de Entomología General - Clase Teórico-Práctica

#### IV. Metamorfosis: Tipos Usuales, Reconocimiento de Inmaduros Activos (Ninfas, Nayádes, Larvas).

Gran parte de los insectos son ovíparos, es decir, se reproducen por medio de huevos. Dentro de los huevos, se desarrollan los embriones. Cuando el embrión está maduro, rompe la cubierta externa del huevo e inicia, como estado activo, sus procesos de alimentación, crecimiento y en muchos insectos, cambio radical en su forma.

El proceso por el cual los insectos cambian de características físicas debido al crecimiento recibe el nombre de metamorfosis. En insectos primitivos dentro de los órdenes Thysanura y Collembola, la forma de los inmaduros es similar a la de los adultos, siendo considerados como insectos sin metamorfosis o ametábolos; tanto adultos como inmaduros viven en el mismo lugar, y tienen iguales requere-

requerimientos de alimento y refugio. Veintitres de los 26 órdenes de insectos presentan sin embargo, alguno de los tipos de metamorfosis que se enumeran a continuación:

1.- Metamorfosis gradual o Desarrollo paurometábolo: En este tipo de metamorfosis los inmaduros o ninfas tienen similares características que los adultos e incluso viven en el mismo lugar que estos, pero cada muda del inmaduro va acompañada de un mayor crecimiento del cuerpo, rudimentos de las alas y apéndices genitales (Fig. 11). El mayor cambio en el tamaño de estas estructuras se produce al pasar la ninfa al estado adulto.

Metamorfosis gradual se presenta en los órdenes Isoptera (termitas o comejenes), Orthoptera (langosta), Thysanoptera (Trips), Homoptera (áfidos, cigarritas) y Hemiptera (chinchas).

2.- Metamorfosis incompleta o Desarrollo Hemimetábolo: Los insectos con este tipo de metamorfosis transcurren su vida como inmaduros en el agua. Estos inmaduros o náyades se diferencian notablemente de los adultos que son alados y de vida aérea, desarrollando estructuras adaptadas al medio acuático, (bránquias traqueales) (Fig. 12). Dentro de la clase insecta, este desarrollo sólo se encuentra en los órdenes Ephemera, Plecoptera y Odonata.

3.- Metamorfosis completa o Desarrollo Holometábolo: (Fig. 13). Los inmaduros o larvas al dejar el huevo son totalmente diferentes a los adultos o imagos. Entre estos dos estados de desarrollo existe uno adicional llamado estado pupal, usualmente inactivo externamente, donde se efectúan grandes transformaciones anatómicas y morfológicas. Larvas y adultos tienen diferentes requerimientos de alimento y viven en lugares distintos.

Desarrollo de este tipo lo presentan muchos órdenes de insectos con importancia agrícola, entre ellos Díptera (moscas), Lepidoptera (mariposas y polillas), Coleoptera (escarabajos), Hymenoptera (Avispas, abejas) y Neuroptera (Chrysopas, hemerobidos)

Las larvas de insectos holometábolos (que presentan metamorfosis completa) presentan formas diversas, adaptadas al tipo de habitat donde se encuentran. Se distinguen tres formas generales de larvas:

A.- Larvas oligópodos.- Tienen seis patas, cápsula cefálica bien desarrollada y piezas bucales similares a los adultos, pero sin ojos compuestos. Dentro de estas se encuentran:

(i) larvas campodeiformes (Fig. 14A): bien esclerotizadas, dorso-ventralmente aplanadas, patas largas y corredoras y piezas bucales masticadoras dirigidas hacia adelante. Son características de insectos depredadores. El ejemplo clásico son aquellas de las fami

lias Coccinellidae, Carabidae y Cicindelidae dentro del orden Coleoptera así como las familias Chrysopidae y Hemerobiidae dentro de Neuroptera.

- (ii) larvas escarabaeiformes (Fig. 14B): presentan tórax y abdomen grueso y poco esclerotizado. Las patas son usualmente cortas. Estas larvas son poco activas, permaneciendo encerradas dentro de cámaras en el suelo o madera. Esta clase de larvas se encuentran en la Superfamilia Scarabaeoidea dentro de Coleoptera.

B. Larvas polípodas (Fig. 14C): Estas larvas, además de las patas torácicas, presentan un número variable de pares de patas abdominales o propatas; usualmente son poco activas y poco esclerotizadas. El nombre usual de éstas es larva eruciforme y el ejemplo típico lo encontramos en aquellas de mariposas y polillas.

C. Larvas ápodas: Carecen de patas y son poco esclerotizadas aunque muy activas. Varios tipos pueden ser reconocidos de acuerdo al grado de esclerotización de la cabeza:

(i) Larvas eucéfalas (Fig. 14D). Tienen cabeza bien esclerotizada. Son encontradas en escarabajos de las familias Buprestidae y Cerambycidae.

(ii) Larvas hemicéfalas (Fig. 14E): cabeza reducida y retráctil dentro del cuerpo. Se presentan en moscas de la familia Tabanidae, Bombylidae entre muchas otras.

(iii) Larvas acéfalas (Fig. 14F): carecen de cabeza, son características de muchas moscas evolucionadas, como las pertenecientes a las familias Muscidae y Tachinidae.

#### V. Fundamentos sobre Taxonomía: Reconocimiento de Adultos en los Principales Ordenes de Insectos con Importancia Agrícola

La taxonomía o ciencia de la clasificación, es de vital importancia pues conociendo la identidad del insecto plaga, e insecto benéfico, tendremos abiertas las puertas a las fuentes bibliográficas, además de contar con un punto de referencia para futuros trabajos.

Dentro de este curso, sólo tendremos ocasión de clasificar adultos de insectos de importancia agrícola a nivel ordinal, dejando a los asistentes la posibilidad de realizar estudios de clasificación más especializados según sus intereses particulares. La llave de clasificación que se presenta a continuación ha sido modificada de Borror, D. J. & D.M. De Long 1971. An Introduction to the Study of Insects. 3ra. Edición.

Llave de Clasificación de Ordenes de Insectos Adultos con Importancia Agrícola

- |         |  |              |
|---------|--|--------------|
| 1.-     | Con alas bien desarrolladas _____  | 2            |
| 1'.     | Sin alas o con alas rudimentarias _____  | 14           |
| 2(1).   | Alas anteriores esclerotizadas (élitros) o apergaminadas por lo menos en su base. Alas posteriores membranosas _____   | 3            |
| 2'.     | Alas totalmente membranosas _____  | 6            |
| 3(2).   | Piezas bucales picadoras-chupadoras, con proboscis tubular y usualmente segmentadas _____  | 4            |
| 3'.     | Piezas bucales masticadoras, con mandíbulas desarrolladas _____  | 5            |
| 4(3).   | Proboscis sale de la parte delantera de la cabeza, alas anteriores son hemiélitros (chinchas) _____  | HEMIPTERA    |
| 4'.     | Proboscis sale de la parte infero-posterior de la cabeza, alas anteriores son de textura uniforme (cigarritas, membrácidos, fulgóricos, etc) _____                 | HOMOPTERA    |
| 5(3').  | Alas anteriores son élitros, en descanso se sobreponen al abdomen juntando sus márgenes internos en una línea recta (escarabajos) _____                            | COLEOPTERA   |
| 5'.     | Alas anteriores son tegminas, en descanso se pegan a los lados del cuerpo o se sobreponen al abdomen (langostas, carachas, grillos) _____                          | ORTHOPTERA   |
| 6(2')   | Con dos alas _____   | 7            |
| 6'.     | Con cuatro alas _____  | 8            |
| 7(6).   | Abdomen con apéndice filiforme, piezas bucales vestigiales; alas con una sola vena, halteres presentes; insectos pequeños menos de 5 mm (machos de queresas) _____ | HOMOPTERA    |
| 7'.     | Abdomen sin apéndices filiformes, piezas bucales succionadoras; venación variada; halteres presentes, tamaño variado (moscas) _____                                | DIPTERA      |
| 8(6').  | Alas cubiertas con escamas, piezas bucales succionadoras toman la forma de una proboscis enrollada (mariposas y polillas) _____                                    | LEPIDOPTERA  |
| 8'.     | Alas no cubiertas con escamas, sin embargo pueden estarlo de pelos; piezas bucales diferentes al anterior _____  | 9            |
| 9(8').  | Alas largas y angostas, bordeadas con hileras de pelos largos; pequeños insectos con menos de 5 mm. de longitud (trips) _____                                      | THYSANOPTERA |
| 9'.     | Alas diferentes a las anteriores _____   | 10           |
| 10(9'). | Tarsos con cinco segmentos _____   | 11           |
| 10'.    | Tarsos con cuatro o menos segmentos _____  | 12           |

- 11(10).- Insectos semejantes a avispas, con el abdomen estrecho en su base; alas posteriores más pequeñas que las anteriores, con pocas venas; alas anteriores con 20 o menor número de celdas (avispas, abejas, hormigas) \_\_\_\_\_ HYMENOPTERA
- 11' .- Insectos de cuerpo blando, no se parecen a avispas; abdomen no estrechado en su base; alas posteriores casi del mismo tamaño que las anteriores; alas anteriores con más de 20 celdas \_\_\_\_\_ NEUROPTERA
- 12(10').-Piezas bucales masticadoras; tarsos aparentemente cuatro segmentados; alas anteriores y posteriores de igual tamaño y venación (termites o comejenes) \_\_\_\_\_ ISOPTERA
- 12'.- Piezas bucales picadoras-chupadoras \_\_\_\_\_ 13
- 13(12').-Proboscis se origina delante en la cabeza (chinchas)HEMIPTERA
- 13'.- Proboscis sale de la porción ventro-posterior de la cabeza (cigarras, áfidos, mosca blanca) \_\_\_\_\_ HOMOPTERA
- 14(1') Tienen forma de insectos, con cabeza y patas más o menos diferenciadas. Picadores-chupadores \_\_\_\_\_ 15
- 14'.- Carecen de cabeza y patas definidas; cuerpo cubierto con una conchuela, escama o material ceroso; inmóviles (que- resas) \_\_\_\_\_ HOMOPTERA
- 15(14').-Proboscis delante de la cabeza; abdomen sin cornículos (chinchas sin alas) \_\_\_\_\_ HEMIPTERA
- 15'.- Proboscis se origina bajo y atrás de la cabeza; abdomen - usualmente con cornículos (áfidos) \_\_\_\_\_ HOMOPTERA

Fig.1 Superficies cubiertas por el ectoesqueleto

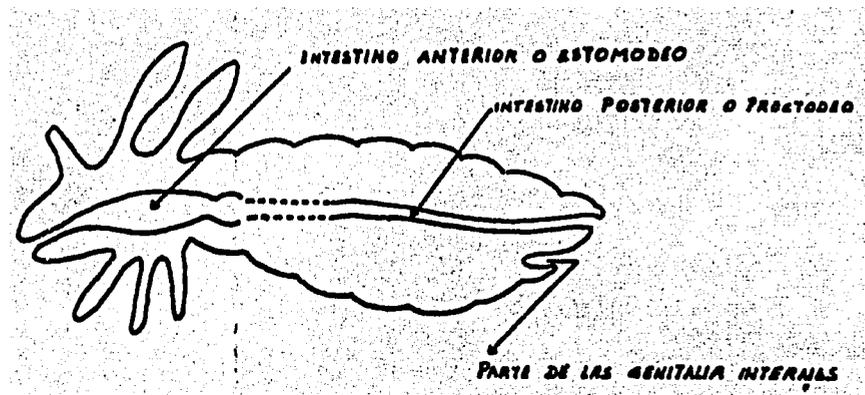


Fig.2 Diagrama de dos moléculas de proteínas esclerotizadas

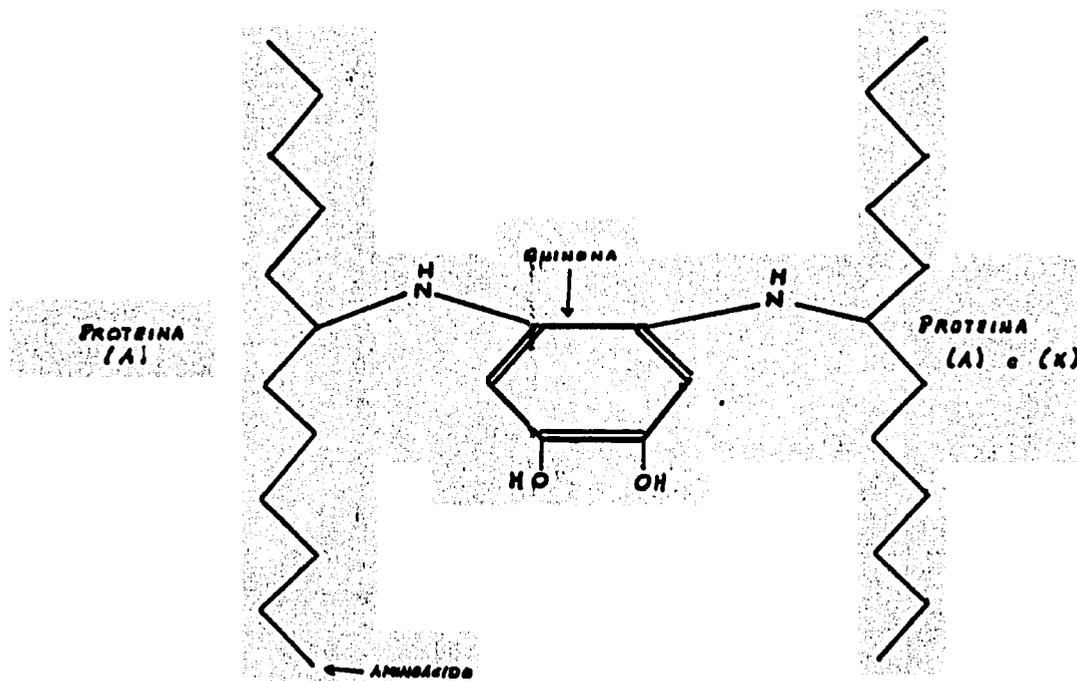
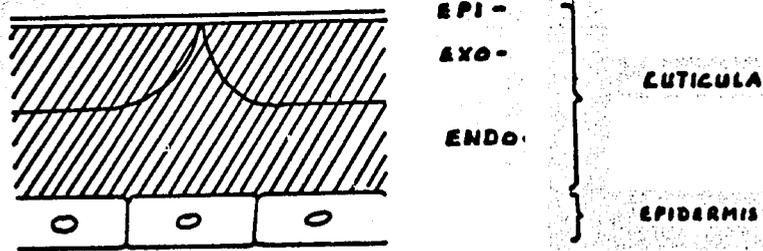


Fig. 3 El ectoesqueleto y las fases de la muda

A. CUTICULA MADURA



B. APOLISIS :

CELULAS DE LA EPIDERMIS PROLIFERAN, SE SEPARA EPIDERMIS, SE SECRETA EL FLUIDO DE LA MUDA Y SE FORMA NUEVA CUTICULA.

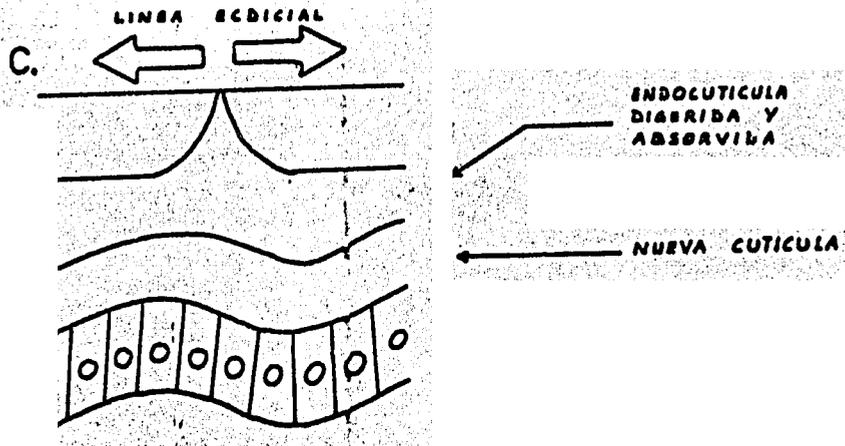
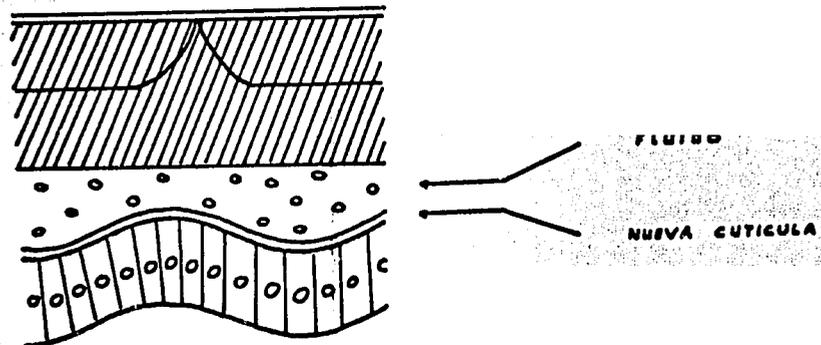


Fig.4 Diagrama simplificado del sistema nervioso en insectos

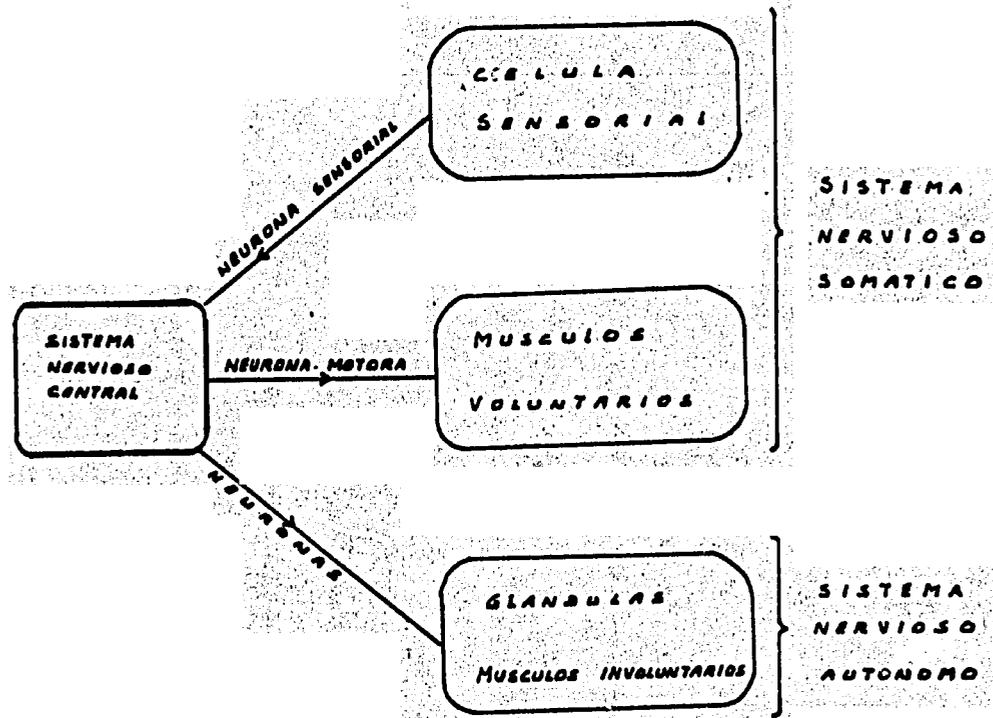


Fig.5 Representación diagramática de una neurona y dirección en la trasmisión de impulsos nerviosos

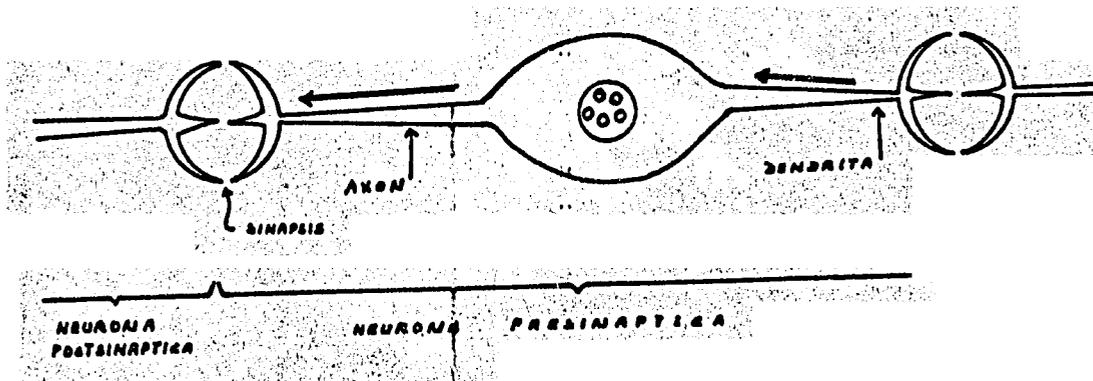


Fig.6 Secuencia en la trasmisión nerviosa sináptica

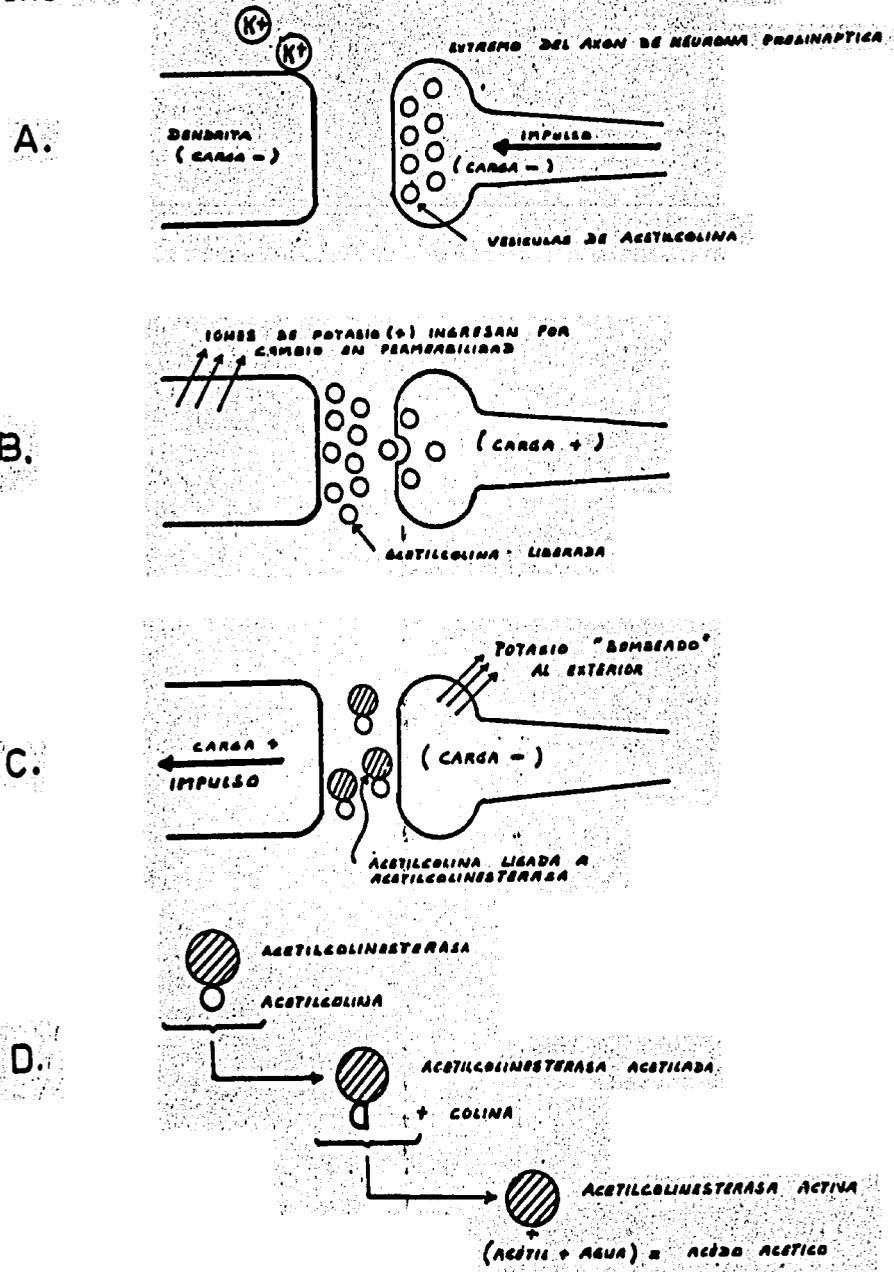


Fig.7 Inactivación de la acetilcolinesterasa por insecticidas organofosforados

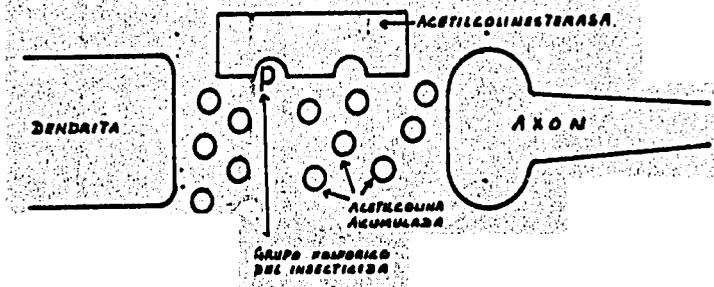


Fig.8 Organos perceptores de luz

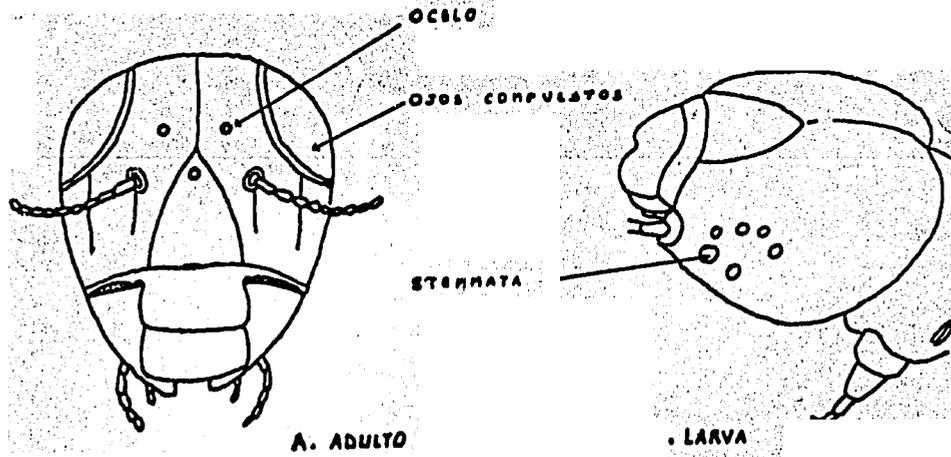


Fig.9 Diagrama de un órgano receptor de sustancias químicas

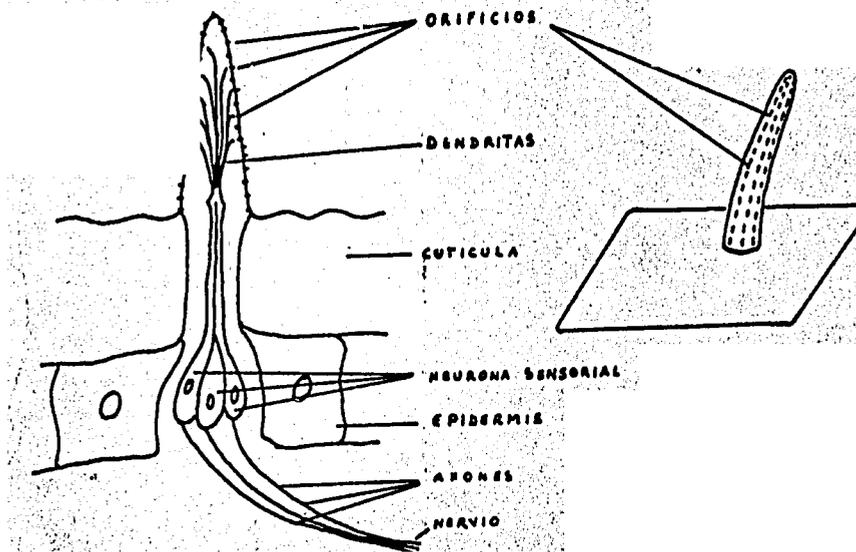


Fig.10 Vista externa de un pelo sensorial mecanoreceptor

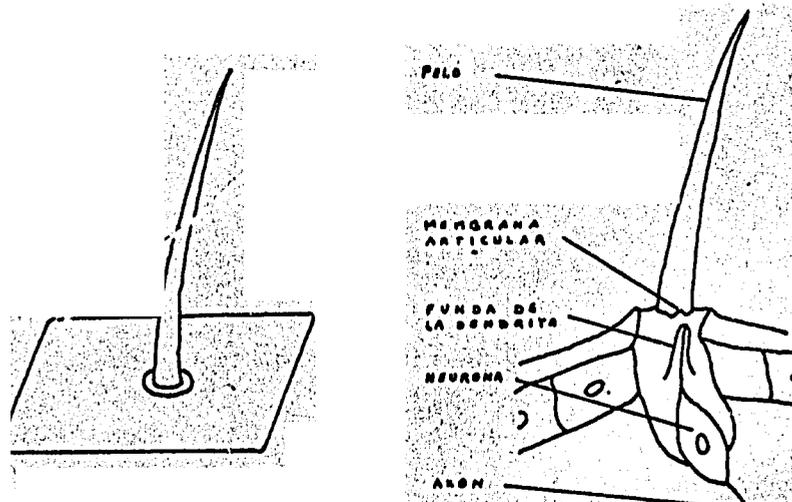


Fig.11 Fases de desarrollo paurometabolo en una chinche ( Hemiptera )

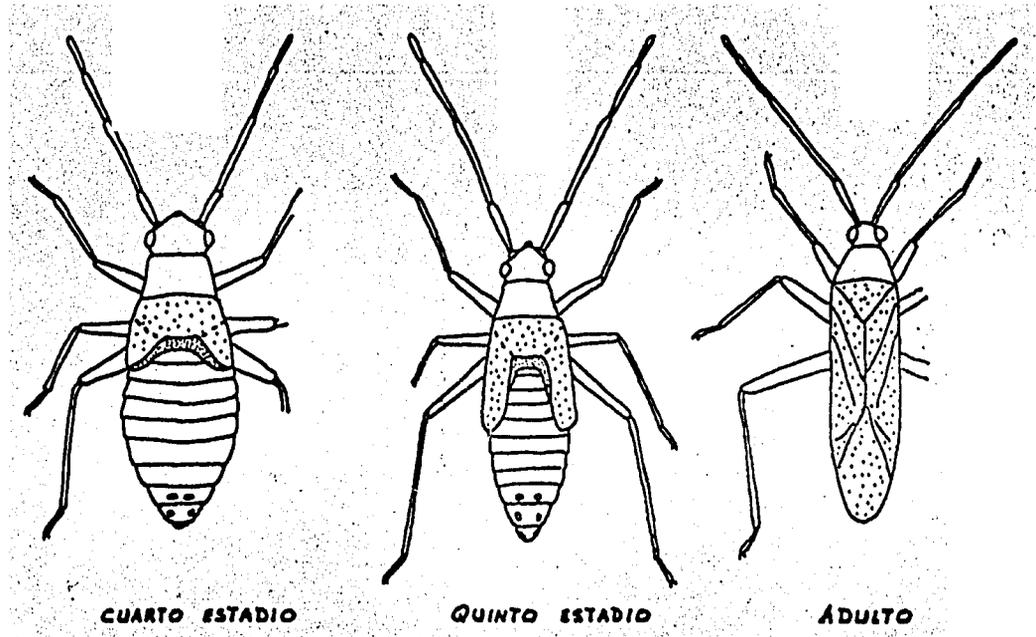


Fig.12 Nayade y adulto de un Ephemeraidae

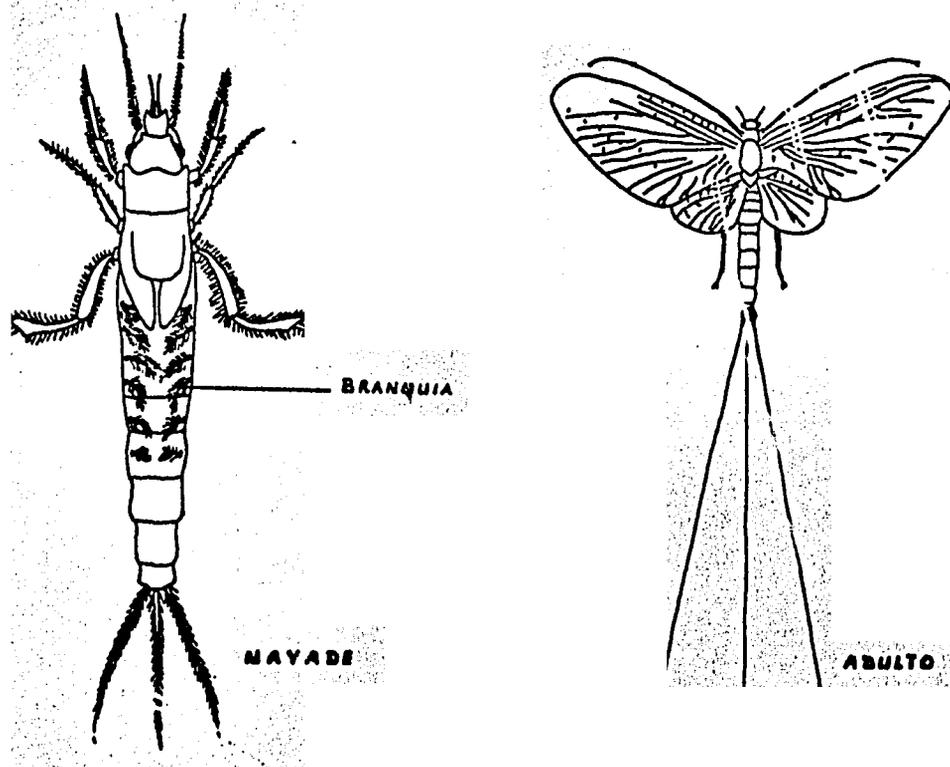


Fig.13 Desarrollo holometabolo en una mariposa

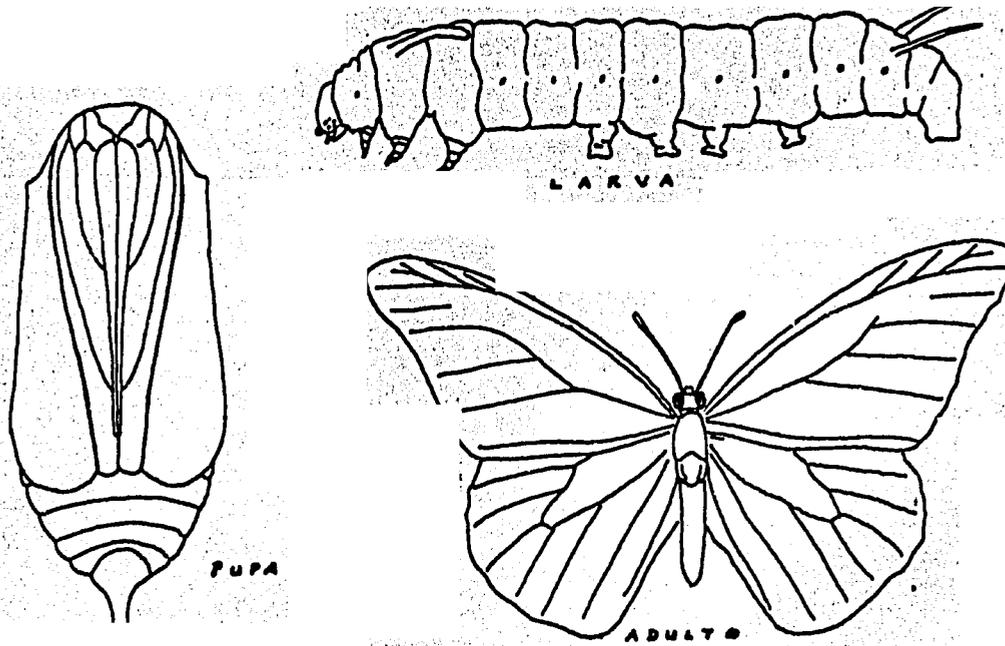
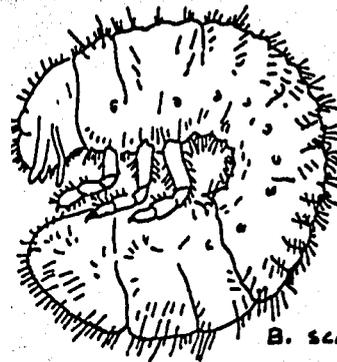
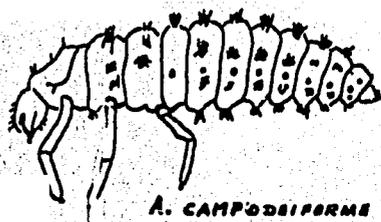
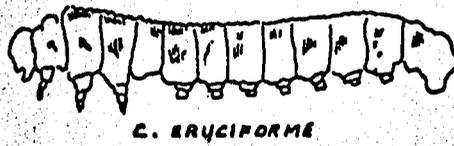


Fig.14 Tipos de larvas en insectos holometabolo

**OLIGOPODA**



**POLIFODA**



**APODA**

