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 II

3. AUTHOR(S)

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

4. DOCUMENT DATE	5. NUMBER OF PAGES	6. ARC NUMBER
1978	~~223p.~~ 227 P.	ARC

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS

AID/LA/USAID/Peru

8. SUPPLEMENTARY NOTES *(Sponsoring Organization, Publishers, Availability)*

(Vol.I,214p.:PN-AAF-701; Vol.III,296p.:PN-AAF-703)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER

PN-AAF-702

11. PRICE OF DOCUMENT

12. DESCRIPTORS

Maize
Meetings
Personnel development
Peru
Pest control
Plant protection
Soybean

13. PROJECT NUMBER 5270149

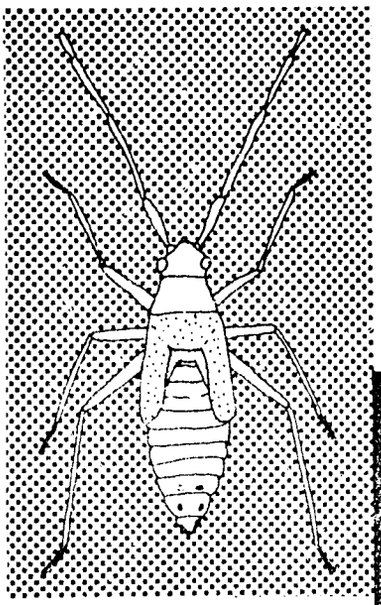
14. CONTRACT/GRANT NUMBER

AID/LA/USAID/Peru

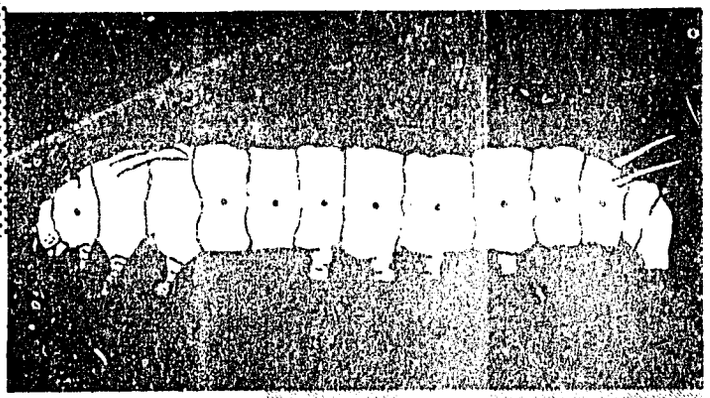
15. TYPE OF DOCUMENT

AID 590-1 (4-74)

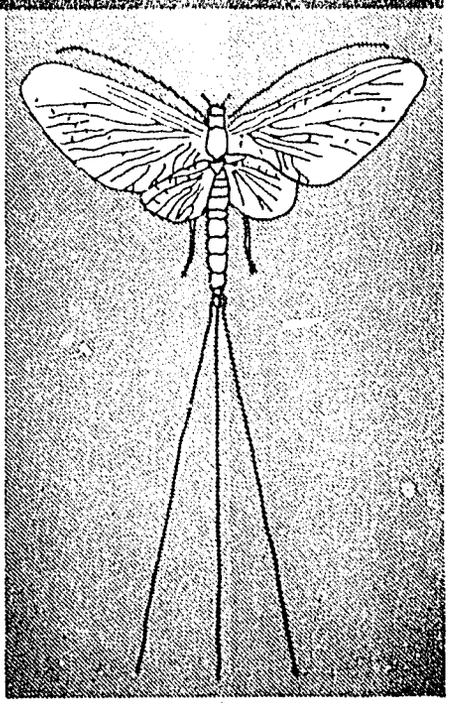
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y ALIMENTACION
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA
AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (A. I. D.)



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 II

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

Y

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

(Abril 17 - Mayo 26, 1978)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, LA MOLINA
LIMA - PERU

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 Hospedera 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 Desarrollo de Programas de Manejo Integrado de Pestes..... ..... P.L. Adkisson

19. Medición de las Pérdidas en los Cultivos causados por insectos.....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. Diagnosis 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. Formulación y Comercialización 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 Aranéidos en el Agro-ecosistema del algodonero 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.

EL ENFOQUE DE LOS SISTEMAS EN EL CONTROL INTEGRADO DE PESTES

Dr. Perry L. Adkisson
Vice Presidente de Agricultura y Recursos Renovables
Texas A. & M. University
College Station, Texas 77843

El Control Científico de pestes siempre ha requerido del conocimiento de principios ecológicos, de las complejidades biológicas de cada plaga y de los factores que regulan sus densidades. En la actualidad es más necesario que nunca adoptar un enfoque ecológico amplio en la protección de los cultivos. Debemos considerar todos los factores posibles, naturales y aplicados que puedan usarse en la supresión de una plaga. Ya no nos podemos permitir minimizar la capacidad de las plagas para contrarrestar las medidas que se toman contra ellas (por ejemplo, el desarrollo de strains resistentes o los insecticidas o la evolución de nuevos biotipos de plagas que pueden atacar variedades de plantas previamente resistentes). Las plagas están extremadamente bien adaptadas para prosperar en nuestros cultivos y adaptarse a las condiciones cambiantes. Debido a esto debemos hacer todo lo posible para preservar y favorecer a los agentes de control natural que actúan en la supresión de las plagas. También debemos aprender como manipular el medio ambiente y los hábitos de los enemigos naturales de las plagas de manera que las plagas resulten desfavorecidas mientras que los enemigos naturales sean favorecidos. Para lograr esto, el especialista en protección de cultivos y el agricultor debe aprender cómo manejar el sistema total de manera que produzca un beneficio económico aceptable de una manera compatible con el medio ambiente.

El manejo integrado de plagas, al poner todas las medidas de supresión conocidas en dirección contra las plagas de un cultivo, constituye una aplicación del Enfoque de Sistemas, o la protección de cultivos. El enfoque integrado puede involucrar el uso de agentes biológicos de control, variedades resistentes a las plagas, pesticidas y prácticas culturales, todos aplicados en un sistema racional de manejo destinado a mantener las densidades de las plagas debajo de los niveles perjudiciales (Adkisson, 1972; Huffaker and Smith, 1973; Stark and Smith, 1971).

El desarrollo de los mejores sistemas de manejo de plagas, sin embargo, requerirá cambios en la manera actual de efectuar la protección de plantas y la investigación de la producción de cultivos. En el pasado, cada problema de plaga ha sido considerada casi en total aislamiento respecto a los otros problemas de la producción del cultivo y la calidad del medio ambiente. Hemos trabajado mayormente como científicos individuales en partes muy pequeñas del problema y en relativo aislamiento una de otra. Cada entomólogo ha tenido su propio insecto en que trabajar. Las medidas de control desarrolladas para una plaga a menudo se han aplicado casi sin preocuparse de su impacto en otra plaga, o en sus enemigos naturales. El control de la otra plaga era el problema de otro entomólogo. Además del aislamiento sin la disciplina, la mayoría de los entomólogos

también han trabajado en casi completo aislamiento del mejorador de plantas, del especialista en producción de cultivo y el economista. Se dejó al agricultor la decisión de unir las piezas en un sistema funcional y económicamente viable. No debe sorprender entonces, que los métodos contemporáneos de control de plagas de plantas, basados en el extendido uso de pesticidas químicos, hayan llevado a serios problemas ecológicos y a efectos negativos en el ambiente.

Para poder manejar efectivamente las estrategias del C.I. se requiere precisión, información actualizada sobre el ecosistema del cultivo, fenología del cultivo, las plagas, sus parásitos y predadores, el clima, el suelo, el agua y cómo todos estos factores influyen unos sobre otros. Hasta hace poco la complejidad de estas interacciones fue demasiado difícil de concebir para la mayoría de los científicos, y mucho menos de cuantificar. Los medios para conducir este tipo de investigación están más a nuestra disposición con el desarrollo de la cibernética y la tecnología de computación que pueden describir cuantitativamente los sistemas complejos y mostrar cómo pueden ser controlados. Esta tecnología, cuando se aplica a la protección del cultivo requiere, además de las disciplinas ya mencionadas, algunas otras, incluyendo a analistas de sistemas biomatemáticos y científicos en computación. Se ha desarrollado y se sigue desarrollando un cuerpo impresionante de técnica y teoría matemática pura y aplicada, por medio de la cual pueden describirse los óptimos sistemas de manejo de cultivos y plagas (Gutierrez et al., 1974, 1975; Marsolan y Rudd, 1977; Ruesink, 1976; Shoemaker, 1977).

El enfoque de los sistemas toma en cuenta todos los factores que afectan la producción del cultivo y requiere apoyo de todas las relevantes disciplinas tecnológicas y científicas. Los componentes de un patrón dentro de un sistema científico sirven para unificar los esfuerzos de muchos científicos, identifica las brechas que tienen que cubrirse en la investigación y provee los modelos pronosticables y descriptivos para varios elementos. El producto final deberá ser un modelo de manejo general para que los agricultores tomen una decisión óptima. (Ruesink et al., 1978).

El Dr. Andren Gutierrez, un entomólogo de la Universidad de California- Berkeley, recientemente presentó el siguiente resumen sobre cómo trabajaría el enfoque de los sistemas en el manejo integrado de plagas. Primero, el campo de cultivo debe verse como un ecosistema de muchos componentes interactuantes (Fig. 1). Los componentes principales de la parte biótica del sistema son: el cultivo, las plagas y los organismos benéficos que suprimen las plagas. Las dinámicas e interacciones entre estos organismos son influenciados poderosamente por el ambiente abiótico incluyendo la luz solar, temperatura, lluvia, humedad, disponibilidad de los nutrientes del suelo e irrigación. Además, las prácticas agrícolas que se usan para producir el cultivo pueden influir en los factores bióticos y abióticos. El problema es sumamente complejo porque el rendimiento de dicho cultivo puede recibir una poderosa influencia de todos estos factores.

Muchas prácticas de manejo de cultivos pueden tener efecto indirecto en el daño de la plaga. Por ejemplo, una siembra y cosecha prematuras pue de permitir que el cultivo escape del ataque de ciertas plagas, o que sea menos susceptible cuando la densidad de la plaga es la mayor. Una varia - ción en la densidad de las plantas y la distancia a que se coloquen puede tener un efecto directo en el rendimiento del cultivo pero también puede afectar indirectamente una plaga (o un enemigo natural) al cambiar su micro-ambiente. Diferentes clases de plagas pueden resultar afectadas de di ferentes maneras y grados. Por lo tanto, al determinar la conveniencia de tales prácticas, debe medirse su impacto en la densidad de la plaga junto con el efecto en el crecimiento de la planta y en el rendimiento del cultivo. Por ejemplo, la siembra de las nuevas variedades de algón de corto período vegetativo (maduración temprana y rápida) en un surco angosto, el modelo de siembra de gran densidad en Texas, Estados Unidos, es un componente importante de un sistema de C.I. porque las plantas establecen el rendimiento final de las bellotas maduras antes que el picudo gran de Anthonomus grandis (Boh.) y Heliothis sp. alcancen densidades máximas. Los modelos de siembra de surcos angostos estimula la madurez temprana del - cultivo (en detrimento de la plaga y aumenta el rendimiento (Walker y Niles, 1971; Sprott et al., 1976.)

El clima predominante es un aspecto del ambiente abiótico que es di - ficil de controlar. El hombre puede, sin embargo modificar el micro-clima del cultivo hasta cierto punto, como por ejemplo el mejoramiento de la textura y drenaje del suelo, la aplicación de fertilizantes y el uso de la irrigación. Todos estos pueden influir en el micro-ambiente de las plagas y sus enemigos naturales. Por ejemplo, el Heliothis sp. es favorecido por grandes cantidades de fertilizantes nitrogenado e irrigación que producen tiernas y jugosas plantas verdes de algodón. En Texas, estamos tratando de reducir el fertilizante y la irrigación a una consistencia mínima con buenos rendimientos para hacer a la planta del algodón lo menos atractiva posible (particularmente durante los períodos de máxima actividad) para los adultos y las larvas de metamorfosis prematura del Heliothis sp.

La conveniencia de usar métodos directos para el control de plagas, tal como un insecticida, también puede depender de la dinámica de las otras partes del ecosistema. La temperatura, la cual afecta la propor - ción a la que están creciendo todas las poblaciones, puede influir sobre la efectividad de la aplicación de un pesticida o una especie benéfica - al prevenir pérdidas en el rendimiento. Los insecticidas aplicados para controlar una especie de plaga pueden matar los enemigos naturales de una segunda especie permitiendo que surja en densidades dañinas al cultivo. Un ejemplo es la inducción del ataque con insecticida a Heliothis sp. en el algodón dirigido al picudo.

Aún cuando es útil para el desarrollo del enfoque de sistemas del manejo integrado de plagas el tener el compromiso de un analista de siste - mas y una computadora, ninguno es absolutamente necesario, al menos en un principio. Lo que es necesario es que se forme un equipo de investigadores,

el cual debe incluir al menos un entomólogo, un mejorador de plantas, un agrónomo (especialista en producción), un fitopatólogo (si una enfermedad está comprometida con el cultivo en mención) y un economista. Entonces puede desarrollarse un modelo conceptual tal como el presentado en la Fig. 1. La investigación necesita desarrollar una comprensión real del sistema íntegro mientras cada unidad pueda ser identificada. Las estrategias óptimas pueden ser entonces concebidas para el crecimiento del cultivo y su protección contra todas las plagas. Para hacer esto debemos entender cómo crece el cultivo, cómo responde a la aplicación de los manejos y cómo compensa por el daño de la plaga. Además, debemos entender los factores que regulan los aumentos y disminuciones en la población de insectos y cómo responden las plagas y sus enemigos naturales al crecimiento y fructificación del cultivo, al clima y a las variadas prácticas agrícolas.

Para obtener este entendimiento debe hacerse una investigación sobre lo siguiente:

1. Determinar el status de plagas de los insectos nocivos encontrados en el cultivo ¿Cuáles son las plagas claves o primarias que deben controlarse con insecticida cada año?. ¿Cuáles son las plagas secundarias o inducidas por medio de tratamientos con insecticida aplicados contra plagas claves, y las cuales rara vez alcanzan densidades dañinas para el cultivo excepto cuando están fuera del control natural?. El nivel de daño económico debe establecerse para cada plaga principal de modo que los tratamientos con insecticidas sean aplicados sólo cuando sean necesarios. La pérdida de cultivos prevista por estos tratamientos debe valer más que los costos del tratamiento.

La información concerniente al lugar y ocasión para el tratamiento también es necesaria. ¿Es mejor controlar al principio o al final de la historia de temporada de la plaga o cultivo, en términos de control y minimizando la alteración de los enemigos naturales?. ¿Es mejor tratar la plaga en un hospedero alternado donde puede no estar causando daño económico que en el cultivo en cuestión?.

También puede dirigirse una investigación hacia la comprensión de la dinámica de la población de las plagas claves o secundarias principales y sus enemigos naturales. Esto requiere técnicas precisas de muestreo para los variados estadíos vitales de los insectos, y una evaluación de la importancia de los agentes naturales de mortalidad al regular la densidad de las plagas. Esto puede hacerse mediante el uso de cuadros vitales y análisis del factor-clave. También, uno debe saber cómo afectan el clima y la fenología de los hospederos vegetales a las densidades de plagas y a sus fases de reproducción e inactividad. Por todo esto, pueden hacerse predicciones a corto plazo sobre los rumbos de la población, lo cual es necesario para un óptimo desarrollo de las estrategias de manejo de plagas.

La planta de cultivo es la base del sistema así, el mejorador de plantas, el agrónomo y el entomólogo deben trabajar juntos para desarrollar prácticas de manejo de plagas que hagan a las plantas menos atractivas para las plagas mientras tengan un rendimiento óptimo. Ellos deben formular las siguientes preguntas: ¿Pueden desarrollarse las variedades de cultivos existentes de forma que evadan el ataque de las plagas?. ¿Pueden desarrollarse nuevas variedades resistentes a las plagas? ¿Pueden manejarse los hospederos alternados para reducir las pérdidas en el cultivo en mención o para aumentar la reserva de enemigos naturales?. ¿Cuándo son las plantas más vulnerables al ataque y cuánto pueden compensar por el daño de los insectos? ¿Cuál es el efecto del clima en la fenología del cultivo mientras afecta a las plagas?. ¿Puede manejarse el cultivo de tal manera que las generaciones en diapausa de la plaga puedan eliminarse o reducirse considerablemente en dimensión?.

Las respuestas a estas preguntas pueden usarse para desarrollar un sistema total de manejo de cultivos e insectos donde el control biológico natural sea fortalecido y apoyado por las prácticas agrícolas. y donde la necesidad de insecticidas pueda ser reducida considerablemente.

Finalmente, el nuevo sistema debe producir al agricultor una ganancia mayor que el sistema que está usando en la actualidad; ya que, de otra manera, no habría un incentivo para cambiarlo. Debemos recordar siempre que el objetivo básico del manejo de plagas por el agricultor es aumentar las ganancias netas. Eso no siempre es lo mismo que máximo rendimiento o minimización de la densidad de plagas.

Ganancia neta = precio x rendimiento - costos.

Pueden aumentarse las ganancias netas al aumentar el precio, o al aumentar el rendimiento, o al reducir los costos. Con todo, las mayores ganancias netas se producen por un sistema de manejo que optimiza todos los elementos.

Un buen ejemplo de la necesidad de un análisis costo/beneficio de un sistema de manejo de plagas se ilustra con la investigación que hemos hecho en algodón en la Universidad de Texas A & M. Los costos de producción de un acre de algodón en un lugar típico en el Sur de Texas se muestran en la Figura 2. Se muestran todos los costos comprendidos, incluyendo la producción (semilla, fertilizante, pesticida, cultivo y obra de mano), cosecha (defoliador, cosecha, transporte y despepitación) y gastos fijos (tierra, maquinaria, etc.). La ganancia neta producida por cada acre de algodón en 1974 bajo este sistema fue de $12.40 (dólares) a un costo total de $277.60 (dólares). En la Fig. 3 se muestran los resultados alcanzados con un nuevo sistema integrado de estación corta de manejo de plagas. En este sistema, se redujeron varios de los componentes de la producción (por ejemplo: fertilizante en 80%, irrigación en 50%, insecticida en 75%) mientras que se incrementó el rendimiento. Esto se debió a un manejo cuidadoso para evitar la inducción de los ataque de Heliothis sp. Las ganancias netas por acre producidas por este sistema alcanzaron los $252.52

por acre, un aumento de $240 por acre sobre el viejo sistema. Debido a que obtienen beneficios económicos, los productores de algodón de Texas se han cambiado rápidamente al nuevo sistema integrado de estación corta de manejo de plagas en los cultivos de algodón (Sprott et al., 1976).

El anterior es el último paso en el desarrollo del sistema. Esto es, el sistema debe colocarse en campos agrícolas y las diferentes estrategias y tácticas deben ser probadas y su valor verificado. El análisis simple costo/beneficio presentado en los cuadros 2 y 3 pueden entonces mostrar la factibilidad económica del sistema y los lugares donde se necesita el mejoramiento. Si el nuevo sistema produce un beneficio satisfactorio al agricultor, él lo usará. Si no, continuará usando su viejo sistema a menos que sea forzado a cambiar por presiones exteriores.

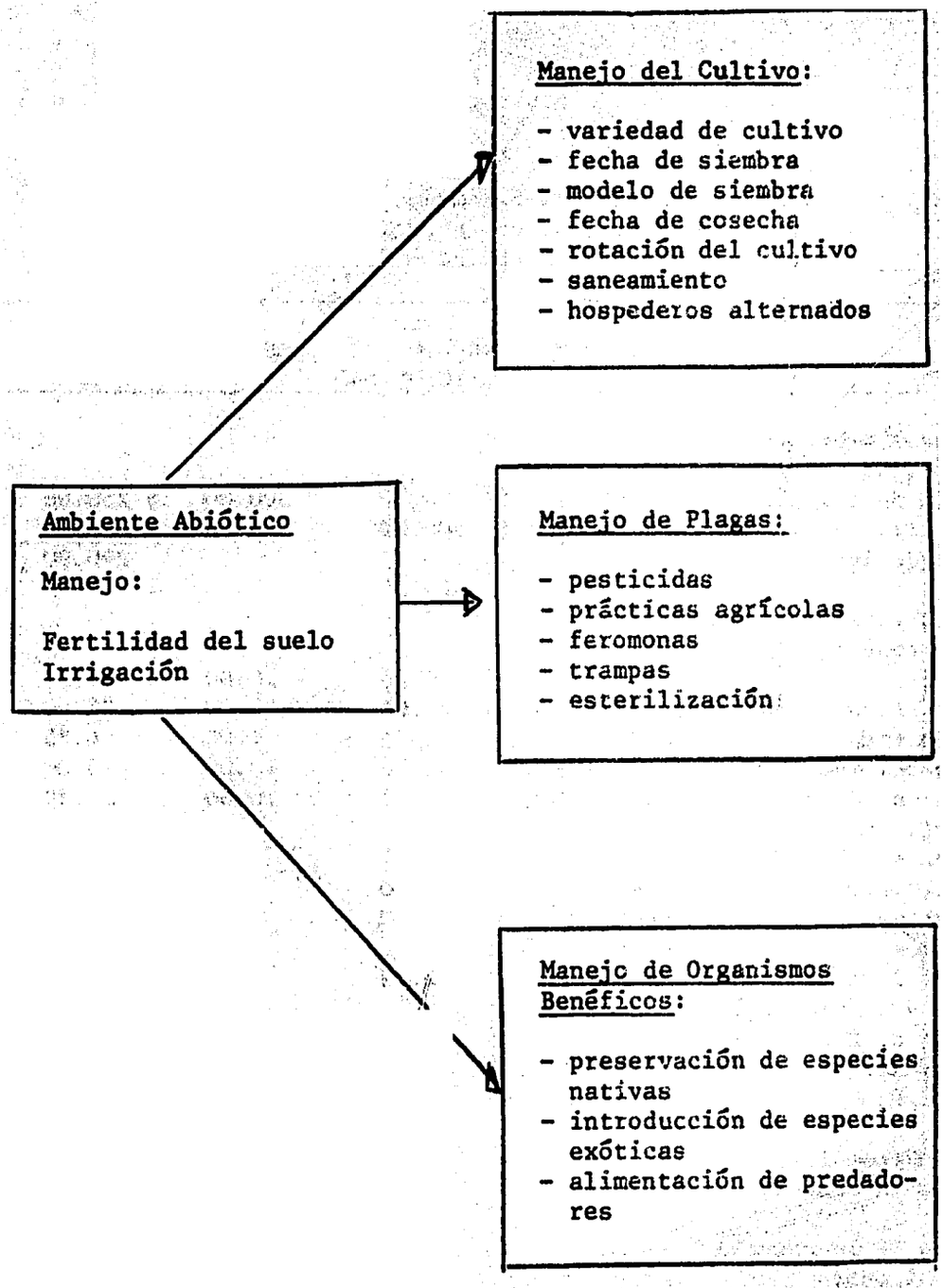


Fig. 1.- Un ecosistema de cultivo generalizado mostrando las relaciones entre los variados componentes interactuantes y ciertas prácticas de manejo.

Cuadro No. 1.- Costos y Beneficios Estimados por acre en un cultivo de algodón irrigado en la región de "Winter Garden" en Texas y bajo manejo típico - Técnica 1.

	UNIDAD	PRECIO o COSTO/UNIDAD	CANTIDAD	VALOR o COSTO
1. Ingresos brutos por la producción:				
Hilo de Algodón	LIBRA	$ 0.50	500.00	$ 250.00
Semilla de Algodón	TONELADA	$ 100.00	0.40	$ 40.00
Total de Ingresos				290.00
2. Costos variables antes de la cosecha:				
Semilla	LIBRA	$ 0.25	20.00	$ 5.00
Fertilizante (80-40-0)	ACRE	27.60	1.00	27.60
Herbicida	ACRE	6.25	1.00	6.25
Insecticida	APLICACION	1.50	10.00	15.00
Aplicación del Insecticida	APLICACION	1.75	10.00	17.50
Maquinaria	ACRE	4.47	1.00	4.47
Tractores	ACRE	11.60	1.00	11.60
Maquinaria de Irrigación	ACRE	16.80	1.00	16.80
Obra de Mano (tractor y maquinaria)	HORA	2.25	8.62	19.40
Obra de Mano (irrigación)	HORA	2.25	5.00	11.25
Interés	DOLAR	0.10	48.47	4.85
Sub-total antes de la cosecha				$ 139.71
Costos de la cosecha				
Defoliador	ACRE	2.50	1.00	2.50
Aplicación del defoliador	ACRE	1.75	1.00	1.75
Transporte	FARDO	15.00	1.00	15.00
Desmote y Empacado	FARDO	25.00	1.00	25.00
Maquinaria	ACRE	7.54	1.00	7.54
Obra de mano (tractor y maquinaria)	HORA	2.25	1.22	2.75
Sub-total , cosecha				$ 54.54
Costo Variable Total				$ 194.25

Cuadro No. 1.- (Continuación.....)

	UNIDAD	PRECIO o COSTO/UNIDAD	CANTIDAD	VALOR o COSTO
3. Ingreso sobre los costos variables				$ 95.75
4. Costos Fijos				
Maquinaria	ACRE	$ 22.89	1.00	$ 22.89
Tractores	ACRE	7.26	1.00	7.26
Maquinaria de Irrigación	ACRE	18.20	1.00	18.20
Tierra (Renta Neta)	ACRE	35.00	1.00	35.00
Total de Costos Fijos				$ 83.35
5. Total de Costos				$277.60
6. Ganancias Netas				$ 12.40

Estos datos reflejan el Estimado del TAMU (Servicio de Extensión Agrícola de Texas) sobre los promedios regionales de cuatro condados para costos y ganancias. Final. 1974.

Cuadro No. 2.- Programa de Manejo de Plagas del Algodón en el Condado de FRIO, Texas, en 1974 usando algodón de período corto vegetativo plantado en surcos angostos con el sistema econo cot.

	UNIDAD	PRECIO o COSTO/UNIDAD	CANTIDAD	VALOR o COSTO
1. Ingresos brutos por la producción:				
Hilo de Algodón	LIBRA	$ 0.60	764.65	$458.79
Semilla de Algodón	TONELADA	120.00	0.61	73.20
Total				$531.99
2. Costos Variables antes de la cosecha				
Diapausa de Otoño	APLICACION	1.80	5.00	9.00
Semilla	LIBRA	0.38	15.00	5.70
Fertilizante (12-12-12)	QUINTAL	4.32	2.00	8.64
Treflan	ACRE	6.25	1.00	6.25
Cotoran	LIBRA	4.35	2.00	8.70
Lorox	LIBRA	2.80	2.00	5.60
Guthion	APLICACION	1.50	2.00	3.00
Maquinaria	ACRE	3.86	1.00	3.86
Tractores	ACRE	12.88	1.00	12.88
Maquinaria de Irrigación	ACRE	10.08	1.00	10.08
Obra de Mano (tractor y maquinaria)	HORA	2.75	10.41	28.63
Obra de Mano (irrigación)	HORA	2.75	3.96	10.89
Interés	DOLAR	0.10	34.16	3.42
Sub-total antes de la cosecha				$116.65
Costos de la cosecha				
Defoliador	PINTA	2.62	2.00	5.24
Desecante	GALON	4.00	1.00	4.00
Aplicación del Defoliador	APLICACION	1.40	2.00	2.80
Transporte	FARDO	15.00	1.53	22.95
Desmote y Empacado	FARDO	25.00	1.53	38.25
	FARDO	5.00	1.53	7.65
Maquinaria	ACRE	4.73	1.00	4.73
Obra de Mano (tractor y maquinaria)	HORA	2.75	0.81	2.24
Sub-total, cosecha				$ 87.86
Total Costo Variable				$204.50

Cuadro No. 2.- (Continuación .....)

	UNIDAD	PRECIO o COSTO/UNIDAD	CANTIDAD	VALOR o COSTO
3. Ingreso sobre los costos variables				$327.49
4. Costos Fijos				
Maquinaria	ACRE	12.18	1.00	12.18
Tractores	ACRE	6.86	1.00	6.86
Maquinaria de Irrigación	ACRE	10.92	1.00	10.92
Tierra (Renta Neta)	ACRE	45.00	1.00	45.00
Total de Costos Fijos				$ 74.96
5. Total de Costos				$279.47
6. Ganancias Netas				$252.52

LITERATURA CITADA

Adkisson, P.L. 1972. The integrated control of the insect pests of cotton. Proceedings Annual Tall Timbers Conference on Ecological Animal Control by habitat Management. pp. 177-88.

Gutierrez, A.P., L.A. Falcon and R. van den Bosch. 1974. Cotton production in California - A simulation. In Modeling for Pest Management. USA/USSR Integrated Pest Management Conference. Michigan State University, East Lansing, MI.

Gutierrez, A.P., L.A. Falcon, W.B. Loew, P.A. Leipzig and R. van den Bosch. 1975. An analysis of cotton production in California: a model for Acala cotton and the effects of defoliators on its yields. Environ. Entomol. 4: 125-36.

Huffaker, C.B. and R.F. Smith. 1973. The systems approach to insect pest management: a developing program in the United States of America. Rationale, guidelines and scope. Proceedings of the 14th. International Congress of Entomology. Canberra, Australia. In Press.

Marsolan, N.F. and W.G. Rudd. 1977. Modeling and optimal control of insect pest populations. Math. Bio. Sci. 30:231-44.

Ruesink, W.G. 1976. Modeling of pest populations in the alfalfa ecosystem with special reference to the alfalfa weevil in Modeling for Pest Management. R.L. Tummala, ed. Michigan State University, East Lansing, MI. pp. 80-89.

Ruesink, W.G., C.A. Shoemaker, A.P. Gutierrez and G.W. Fick. 1978. Systems approach to research and decision making for pest control on alfalfa. Chapter 8 in New Technologies of Pest Control, C.B. Huffaker, ed. In Press.

Shoemaker, C.A. 1977. Crop ecosystem models for pest management. In Ecological Modeling, C.A. Hall and J. Day, eds. Wiley-Interscience.

Sprott, J.M., R.D. Lacewell, G.A. Niles, J.K.Walker, Jr. and J.R. Gannaway. 1976. Agronomic, economic, energy, and environment implications of short-season, narrow-row cotton production. Texas Agric. Exp. Stn. MP-1250C. 22 p.

Stark, R.W. and R.F. Smith. 1971. Systems analysis and pest management In Biological Control. C. Huffaker, ed. Chapter 14. Plenum Press. New York, N.Y.

PRACTICAS AGRONOMICAS Y SU INFLUENCIA SOBRE LAS PLAGAS Y SUS DAÑOS

Ing. Juan Herrera Aranguena
Universidad Nacional Agraria La Molina.

Los ecosistemas agrícolas, comparados con el ecosistema natural (naturaleza no alterada), son más simples y están sometidos a frecuentes perturbaciones, principalmente por la intervención del hombre mediante las prácticas agronómicas. Así, cualquier cambio que se introduzca en las prácticas agronómicas en los ecosistemas agrícolas, puede cambiar las características de la planta y/o su ambiente. A su vez, estos cambios pueden influir en el grado de atracción de la planta o del medio para las plagas.

En los valles de la costa peruana (ecosistemas cerrados perfectamente limitados), por muchos años se ha venido desarrollando una serie de prácticas culturales tradicionales que han ayudado mucho a controlar las plagas de sus principales cultivos. Como ejemplo mencionaremos el haber logrado en el Perú una larga tradición de buen cultivador de algodonero, habiendo puesto en práctica en el pasado un ejemplo clásico de control integrado de plagas.

Desafortunadamente, el cambio en la tenencia de la tierra (Reforma Agraria), ha deteriorado el sistema de control integrado de plagas, por el relajamiento en el respeto a las reglamentaciones de los cultivos por parte de los actuales agricultores y por la desimplementación de los servicios de asistencia técnica privada, que eran financiadas por los propios agricultores, al extremo que el rol del agrónomo en el control indirecto de las plagas ha sido casi olvidado.

La experiencia universal nos ha enseñado que muy pocas plagas insectiles pueden ser combatidas con eficacia por sólo medios directos, como son las aplicaciones de insecticidas. En el pasado, los mejores éxitos conseguidos por la entomología aplicada han sido por medios indirectos o sean prácticas agronómicas que creaban condiciones ambientales desfavorables para la vida de los insectos y les impedian provocar daños de importancia económica. Prácticas que han sido casi olvidadas por muchos agricultores.

En nuestro medio, particularmente en los valles de la costa peruana, el crecimiento, arquitectura, fructificación y maduración de los cultivos pueden ser determinados mediante prácticas agronómicas, en tal forma que se puede tener un control indirecto de las plagas.

A continuación, mencionaremos algunas de las prácticas agronómicas que no están siendo bien llevadas por los agricultores y que tienen gran influencia en el desarrollo de las plagas y en la intensidad de sus daños.

Campo limpio

El medio indirecto más importante para luchar contra las plagas, especialmente en el cultivo del algodonero, es el establecimiento de un "período de campo limpio", durante el cual no exista una sola planta de algodonero y también algunas especies de malvaceas cultivadas o silvestres capaces de albergar a plagas importantes de este cultivo, de modo que durante ese período los insectos se vean privados de alimentos y protección e imposibilitados de reproducirse.

El período de campo limpio tiene entre los países tropicales, particular importancia y valor por que el clima permite la vegetación permanente del algodonero y la reproducción continua de la mayoría de los insectos que dañan a este cultivo.

Actualmente, en cualquier época del año en que se visite los valles algodoneros de la costa, se puede encontrar campos de algodón en pie y en diferentes períodos de crecimiento. No se necesita mucha imaginación para comprender que esas condiciones crean una cadena vital ininterrumpida que asegura la subsistencia y desarrollo de los insectos durante el año entero.

Si bien en las reglamentaciones de este cultivo para los diferentes valles se considera violación del "período de campo limpio", la permanencia de plantas "huachas" y rebrotes de algodonero, es frecuente encontrar en ese período plantas abandonadas tanto de algodón cultivado como silvestre, así como grandes extensiones de rebrotes.

En los últimos años, en el cultivo del arroz, en el norte del país, también se ha puesto gran énfasis en el "período de campo limpio", como una práctica agronómica destinada a disminuir la incidencia de la cigarrita marrón del arroz (Sogatodes orizícola Miur), vector de la enfermedad virósica de la "hoja blanca" en ese cultivo.

Preparación de tierras

Una labor cultural bastante descuidada en la actualidad y que tiene mucha importancia para el control de diversas plagas, es la preparación de las tierras. Es indispensable que ella se haga lo más perfecto posible para dejar el suelo bien limpio, suelto, mullido hasta una conveniente profundidad y sin terrones, que favorecerá una germinación uniforme de las semillas y un buen enraizamiento de las plantitas. Igualmente es importante la más perfecta nivelación de los terrones y el uso de surcos de pendiente moderada. En casos de tierras con subsuelo compacto, será conveniente aumentar la penetración del agua en el suelo y favorecer un buen enraizamiento del cultivo mediante el uso del arado de subsuelo.

Actualmente, la preparación de las tierras se realiza de una manera muy deficiente, en muchos casos en lugar de una aradura profunda se pasa únicamente una grada pesada y lo más grave es que se ha suprimido la práctica del "destoconado" o "despalote", que consiste en recoger de los campos y quemarlos todos los restos de tocones y raíces, que son hospederos no solamente de plagas importantes tales como del "gorgojo de la chupadera" (Eutinobothrus gossypii Pierce), "pulgones harinosos" (Phenacoccus gossypii T & C., Pseudococcus neomaritimus Beardley, Ferrisiana virgata Cockerell), "piojo blanco" (Chionaspis minor Mask), "nematodo del nudo" (Meloidogyne incognita var. acrita Chitwood); sino que también contribuyen a diseminar el potencial de inóculo de serias enfermedades, tales como de la"marchitez" incitadas por los hongos Fusarium oxysporum, F. vasinfectum en el norte y Verticillium alboatrum en la costa central; "podredumbre radicular" cuyo agente causal Thielaviopsis basicola, ya ha sido constatada en la zona de Piura.

Otra consecuencia grave de la deficiente preparación de tierras, es la presencia de grandes extensiones de robrotes, los cuales al no ser eliminados sirven de hospederos de alimentación y propagación de importantes plagas como son el "picudo peruano" (Anthonomus vestitus Bohm) y "arrebiatado" (Dysdercus peruvianus G.)

Siembras

Los períodos de siembra (inicio y término), para los diferentes valles están fijados por las respectivas reglamentaciones, pero en casi todos los valles, éstas se prolongan más allá de las fechas límites, llegando en muchos casos a los 90 días, en lugar de acortarse,pues, desde el punto de vista fitosanitario, es más conveniente sembrar en cada valle la totalidad del área, en un tiempo que sea lo más corto posible, para que las plantas se desarrollen y maduren de una manera uniforme. Todo factor que prolongue la temporada de crecimiento tiende a exponer al cultivo a un mayor riesgo de daños por parte de las plagas insectiles, tal como ocurre con el "picudo peruano", cuyos daños son muy severos en las siembras tardías.

Otras medidas relacionadas con la siembra que ayudan la fitosanidad son la cantidad de semilla empleada y la calidad de la misma. Generalmente se utiliza mayor cantidad de semilla que la necesaria, haciéndose derroche , especialmente semilla seleccionada, por que además de ser costosa es perjudicial las siembras tupidas, ya que igual que la falta de desinfección favorecen a la "chupadera fungosa", originando fallas en los sembrios, obliga a resiembros costosos y causan también retrasos y desuniformidad en los cultivos.

Variedades cultivadas

Mediante la siembra de semillas selectas, el hombre ha establecido en los ecosistemas agrícolas poblaciones de plantas dominantes que tienen una base genética uniforme. Las características ecológicas y fisiológicas de esas plantas influyen grandemente en el desarrollo de las plagas en el ecosistema. Un ejemplo típico sobre el particular, lo tenemos en las nuevas variedades de arroz de altos rendimientos, creadas por el Instituto Internacional de Arroz de Filipinas, cuyo cultivo requiere modificaciones en ciertas prácticas agronómicas (menores distanciamientos y el uso de altas dosis de fertilizantes), que favorecen grandemente el incremento de las cigarritas y como resultado de sus ataques, se produjeron severos daños, pero lo más grave es que las cigarritas son vectores de enfermedades producidas por virus y micoplasma. En el país, ya se ha tenido problemas con la variedad de arroz IR8 que es muy atacada por la "cigarrita marrón" Sogatodes orizicola Miur, principal vector de la enfermedad virósica de la "hoja blanca", cuyos daños en las zonas de Jaen, Bagua y Piura (San Lorenzo), han sido de consideración.

Las recomendaciones de las variedades o selecciones a sembrarse en cada ecosistema agrícola, deberán basarse en resultados experimentales de varios años, obtenidos de las diferentes zonas, teniendo en cuenta las

variaciones del clima, suelo, flora y fauna, tal como hacía la ex-Estación Experimental Agrícola de Cañete, entidad privada financiada por los propios agricultores.

Manejo del agua

La costa peruana es una zona extremadamente árida, el aporte natural del agua en forma de lluvia no permite, por sí solo, el desarrollo de ningún cultivo comercial. En consecuencia, toda la agricultura intensiva requiere de algún tipo de riego. Constituye, pues, el riego una de las prácticas agrícolas más decisivas para el éxito de los cultivos.

El manejo del agua de riego, puede favorecer o impedir el desarrollo de altas poblaciones de insectos. En el cultivo del algodonero, se sabe por ejemplo que riegos demasiado fuertes y prolongados provocan un gran crecimiento de la planta, dilatando su ciclo vegetativo y haciéndolas más atractivas para muchos insectos tales como el Heliothis virescens que prefiere plantas con terminales suculentos para ovipositar; igualmente, el picudo peruano (Anthonomus vestitus) y el pulgón de la melaza (Aphis gossypii), prosperan mucho mejor en campos muy húmedos y tupidos. Por el contrario, campos demasiados agostados favorecen el desarrollo de Mescinia peruella y Bucculatrix thurberiella, de ahí la frase "el que sabe regar sabe cultivar algodón", que describe al algodón que se siembra en el país, de características muy particulares, ya que son de largo período vegetativo, pudiendo considerarsele como cultivos semi-permanentes. Las plantas tienen un desarrollo extraordinario, pueden superar fácilmente los 2 metros de altura con fuerte desarrollo foliar y de gran rusticidad.

Debido a estas características, es que los riegos deben darse cuidadosamente y en forma siempre controlada, evitándose los riegos pesados y distanciados, recomendándose lo contrario o sea riegos ligeros y más frecuentes con la finalidad de lograr una zona radicular con un adecuado volumen poroso conteniendo suficiente aire y agua de buena calidad. Los volúmenes de agua aplicados deberán estar apoyados en un programa de investigación "in situ" sobre uso consuntivo para los cultivos representativos de cada valle.

Manejo de los fertilizantes

El abonamiento correcto ayuda mucho a las plantas en su lucha contra los insectos , pero un abonamiento demasiado fuerte especialmente en nitrógeno puede ser peligroso, pues, las plantas creceran lujuriosamente con la consiguiente formación de tejidos tiernos que son muy atractivos para muchos insectos y ácaros, tales como Heliothis, Aphis, en el algodonero; barrenadores del tallo y cigarritas en arroz, y arañitas rojas en frutales.

Para recomendar la cantidad de nutrientes que debe aplicarse a un cultivo, es necesario tener en cuenta a los factores que determinan su magnitud, tales como el clima, las necesidades de la planta, y las condi-

ciones del suelo. Desafortunadamente, en los momentos actuales, la fertilización es una de las prácticas culturales tal vez más descuidadas en casi todos los valles agrícolas del país. No se ha realizado una evaluación concienzuda de la fertilidad natural de los suelos, ni existen resultados de investigaciones continuadas que permitan planificar un uso racional de los fertilizantes. La fertilización se realiza únicamente para suministrar nitrógeno, mayormente a base de úrea, no se usan fertilizantes fosfóricos ni potásicos, ni se practica la incorporación de alguna fuente de materia orgánica, no se recurre al análisis de los suelos ni análisis foliares para determinar los requerimientos nutriconales de los principales cultivos.

Nos falta, pues, mucha información técnica para un buen manejo de la fertilización y sacar así provecho de esta práctica cultural para reprimir ciertas plagas; pero en forma general, el abonamiento aplicado en forma fraccionada, con riegos controlados de preferencia ligeros, permite una buena retención de frutos y una rápida maduración de la cosecha, reduciéndose sustancialmente el período de exposición a las plagas.

Control fitosanitario

Las reglamentaciones de los principales cultivos de la costa peruana hacen obligatorio el control de las plagas y/o enfermedades, siendo las Zonas Agrarias las encargadas de hacer cumplir dichas reglamentaciones. Igualmente, se prohibe el libre uso de insecticidas orgánicos sintéticos, salvo en los casos especiales que estudiarán y recomendarán los técnicos del Ministerio de Agricultura y Alimentación y especialistas en el manejo y control de plagas y enfermedades, debiendo la decisión final contar con la aprobación de la Dirección de las Zonas Agrarias.

Para dar estricto cumplimiento a estas disposiciones, las Zonas Agrarias en la actualidad no cuentan con suficiente número de profesionales especializados, a lo cual debe agregarse la desimplementación de los servicios de asistencia técnica privada, financiadas por los propios agricultores con excepción de la FUNDEAL. Por otra parte, la mayoría de las Cooperativas Agrarias de Producción, no cuentan con el suficiente número de "contadores de plagas", por falta de estímulo.

De acuerdo con este panorama, el control directo de las plagas mediante el uso de pesticidas es muy deficiente, ya que las aplicaciones generalmente no se hacen oportunamente, muchas veces la compra de un insecticida depende de la aprobación de una asamblea, o de que el Banco Agrario pueda girar la partida correspondiente, como si los insectos pudieran esperar. Como resultado de estas fallas administrativas, se ha visto grandes extensiones de cultivo de algodón defoliados completamente por el gusano de la hoja, cultivos de maíz y sorgo, con fuertes ataques de "barrenadores" por aplicaciones extemporaneas de insecticidas.

Para finalizar, quisiera únicamente recalcar la gran necesidad que existe para que cada centro de producción agrícola cuenta con personal

profesional especializado, capaz de tomar decisiones sobre medidas de control de plagas a aplicarse, en base a evaluaciones periódicas con el apoyo de personal de campo debidamente entrenado; para lo cual, es necesario la aceptación y el apoyo, tanto por parte de las autoridades ubicadas en los niveles de decisión (Zonas Agrarias, Banco Agrario), como por parte de las Cooperativas Agrarias de Producción y Comunidades Campesinas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Beingolea O. 1974. Desarrollos en manejo integrado de plagas en el Perú. Trabajo presentado a la Reunión Internacional de Discusiones Intensivas sobre Manejo Integrado de Plagas. California (USA). 16 pp.

Boza T. y colaboradores. 1964. Recomendaciones para el cultivo del algodonero en el valle de Cañete. Campaña 1964-65. La Vida Agrícola. Vol. XLI N°488. pp. 357-391.

Cisneros V. Fausto . 1974. Principios de Control de Plagas. Parte I. Departamento de Sanidad Vegetal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 144 pp.

Delgado M. y J. Bazalar. 1978. Manual de las principales enfermedades del algodonero en Piura. Departamento de Sanidad Vegetal. Universidad Nacional Técnica de Piura. 35 pp.

González J.E. 1975. Manual de Evaluación y control de insectos y ácaros del algodonero. Boletín Técnico. No. 1. Fundación para el Desarrollo Algodonero. 56 pp.

Herrera J.M. 1956. Directivas generales para el control de las plagas entomológicas del algodonero en la campaña 1956-57. Estación Experimental Agrícola de Cañete. Circular N°26-DEF. pp 1-9.

Herrera J.M. 1977. Manual de evaluación de las principales plagas e insectos útiles en el algodonero. 2da. Ed. Departamento de Sanidad Vegetal. Universidad Nacional Técnica de Piura. 63 pp.

Laberry R. y colaboradores. 1977. La hoja blanca del arroz y su vector en el valle de San Lorenzo. Piura. Comité de Productores de Arroz-Piura. FRADEPT. 46 pp.

Lam H. 1977. Mejor uso de agua de riego en el cultivo del algodonero en Piura. Trabajo presentado a la Reunión Regional de Especialistas en el cultivo del algodonero. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. pp. 152-156.

Mera N. 1977. Fertilidad de los suelos y fertilización del algodonero en el Departamento de Piura. Trabajo presentado a la Reunión Regional de Especialistas en el cultivo del algodonero. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. pp. 145-151.

)choa A. 1977. Informe anual de la campaña algodonera 1976-77. Valle de Ica. Fundación para el Desarrollo Algodonero. pp. 1-80.

;mith R.F. 1971. The impact of the green revolution on plant protection in tropical and subtropical areas. Presented at the meeting of the Entomological Society of America at Los Angeles-Ca. 19 pp.

CONTROL CULTURAL

ING. JUAN HERRERA ARANGUENA

Departamento Sanidad Vegetal
Universidad Nacional Agraria
La Molina.

Antes del advenimiento de los insecticidas orgánicos sintéticos el arma principal que el agricultor disponía en su lucha contra las plagas insectiles, era el control cultural, pero este método de lucha no podía igualarse con el control que los insecticidas modernos realizaban; por lo cual, muchas de las prácticas agronómicas que involucra el control cultural fueron dejadas de lado. Solamente en estos últimos años han vuelto a resurgir como parte de un programa múltiple de control de plagas, más conocido como "control integrado".

La base del control cultural de las plagas es la utilización de prácticas agrícolas ordinarias a fin de que el medio ambiente sea menos favorable para el desarrollo de los insectos, logrando de ese modo un control económico de las plagas, o al menos una reducción de su población y sus daños. En general, no son medidas que se toman a último momento, ante la presencia de la plaga, sino por el contrario, responde normalmente a una planificación previa mucha antes de que los daños de los insectos sean aparentes; pero para establecer estas medidas preventivas, es imprescindible el conocimiento detallado de la biología del insecto, las características agronómicas del cultivo, las prácticas agrícolas y las condiciones ecológicas del lugar.

Muchas de las disposiciones que emplea el control cultural están estrechamente asociadas con el normal manejo del cultivo y usualmente no requiere gastos extras en equipos; por lo cual, el control cultural está entre los métodos más simples y baratos de que se dispone para el control de las plagas. En añadidura, el control cultural no posee las desventajas que implica el uso de insecticidas, tales como la resistencia de los insectos a los insecticidas, los residuos en los alimentos y forrajes y la contaminación del ambiente.

Las medidas que adopta el control cultural son más eficientes cuando se practican en grandes extensiones, por ejemplo todo un valle, lo que normalmente se logra a base de una reglamentación de los cultivos con fines fitosanitarios.

Fundamentalmente, las medidas que emplea el control cultural están orientadas a la destrucción de las fuentes de infestación de las plagas; a la interrupción de sus ciclos de desarrollo; a la vigorización de las plantas para conferirles mayor tolerancia a los insectos dañinos; a eludir las épocas del año que son favorables a las plagas; a evitar condiciones microclimáticas favorables para la gradación de las plagas y al empleo de plantas trampas.

A. Destrucción de Fuentes de Infestación

Se pueden distinguir dos tipos de fuentes de infestación de las plagas a los cultivos; aquellas que favorecen una alta infestación inicial en la campaña agrícola, y aquellas que favorecen el incremento de las poblaciones de insectos en el transcurso de la campaña.

Normalmente una plaga pasa de una campaña a otra entre los residuos de la cosecha anterior; en el suelo, en sus formas invernantes o en formas pupales no invernantes; y en plantas hospederas alternantes.

Dentro de la misma campaña, favorecen el incremento de los insectos dañinos la existencia de malezas hospederas de plagas; la persistencia de frutos y otros órganos infestados en las plantas o caídos en el suelo. Para la eliminación de estas fuentes de infestación se recomienda las siguientes medidas:

1.- Destrucción o utilización de los residuos de cosecha

La destrucción de los residuos de cosechas recogiéndolos y quemándolos, o incorporándolos dentro del suelo por medio de araduras, puede reducir grandemente las poblaciones iniciales de ciertas plagas en la siguiente campaña agrícola.

En el país, mediante el amontonamiento y quema de los rastrojos del algodonero, se logra la destrucción de una gran gama de insectos dañinos (*Anthonomus vestitus* Bohm., *Eutinobothrus gossypii* Pierce, *Mescinia peruella* Schauss, *Chionaspis minor* Mask, etc). En Texas (USA), mediante la destrucción de las plantas de algodonero inmediatamente después de la cosecha y el enterrado de los rastrojos con araduras, han logrado bajar en un 36% la infestación del picudo mejicano (*Anthonomus grandis* Bohm), en la siguiente campaña y casi totalmente al gusano rosado de la india (*Pectinophora gossypiella* Saunders.).

En el cultivo de la papa, la destrucción de todos los tubérculos infestados es una práctica importante para eliminar los focos de multiplicación del perforador de los tubérculos *Phthorimea operculella* (Zell), de los gorgojos de los andes (*Prennotrypes* spp.) y otros insectos. Igualmente, la eliminación de frutos infestados ayudan a reducir los daños de las moscas de la fruta *Anastrepha fraterculus* (Wied.) y *Ceratitis capitata* (Wied), de la polilla del manzano *Carpocapsa pomonella* (L.)

Muchas hortalizas dejadas en el campo o alrededor de los centros de empaque albergan diversas plagas, por lo cual su destrucción o utilización en la alimentación del ganado, ayuda a disminuir las infestaciones de esas plagas.

El pastoreo del ganado sobre los restos de las cosechas como un medio de control de plagas es una práctica muy antigua, que puede ser usado siempre que no existan problemas de residuos de pesticidas. La utilidad de

esta práctica depende del tipo de insecto presente, del momento de la operación y de la intensidad del pastoreo. En nuestro país, mediante el pastoreo de cabras ("chivateo"), sobre brotes precoces en cultivos de algodón "soca" (segunda cosecha), se logra disminuir las infestaciones tempranas del picudo peruano (Anthonomus vestitus), del barrenador de brotes y botones (Crocidosema plebeiana Zeller), del perforador pequeño de la bellota (Mescinia peruella Schauss). En USA, un buen pastoreo en campos de algodonero por cabras o vacunos puede matar hasta en un 94% al gusano rosado de la India Pectinophora gossypiella. Igualmente en campos de maíz bien pastoreados puede reducirse hasta en un 21% la infestación del barrenador europeo (Ostrinia nubilalis Hubner).

2.- Poda y destrucción de órganos infestados

En árboles frutales, diversas especies de queresas suelen causar daños severos en las ramas produciendo su debilitamiento y a veces hasta su muerte. En tales casos, deben efectuarse podas que eliminen todas las ramas fuertemente infestadas, las que deberán ser retiradas del campo y quemadas antes de que se produzca la migración de los insectos hacia el resto de la plantación. Igualmente, huertos abandonados o árboles frutales descuidados deben ser destruídos, de otra forma ellos servirán como fuentes de reinfestación a huertos bien llevados.

3.- Limpieza de los bordes de los campos

Muchas plagas insectiles pueden alimentarse y/o reproducirse en malezas que crecen en los bordes de los campos y que posteriormente infestarán el cultivo en la siguiente campaña. Hospederos silvestres en los bordes frecuentemente albergan enfermedades y/o su insecto vector. Por lo tanto, la limpieza de los bordes es una práctica cultural deseable. Sin embargo, la vegetación de los bordes también puede albergar insectos benéficos, proveer habitat para la vida silvestre; un estudio al respecto indicará la conveniencia o el grado de limpieza que sería útil hacer.

En el cultivo del algodonero, la limpieza de los bordes de los campos, mejora el control del "arrebiatado" (Dysdercus peruvianus G.) y del picudo (A. vestitus), puesto que malvaceas silvestres tales como Malachra spp., Sida panniculata que crecen en los bordes sirven como fuentes de infestación. Igualmente, una mejor represión de Contarinia sorghicola (Coquillet), se logra en el cultivo del sorgo, eliminando de los bordes la "grama china" Sorghum halepense (L), en donde éste insecto logra desarrollar 1 a 2 generaciones antes de que espigue el sorgo. Así mismo, el pulgón Myzus persicae (Sulzer), importante vector de enfermedades virosas se conserva de una campaña a otra en las malezas que crecen en los bordes de las acequias de riego y en las zanjas de drenaje.

4.- Eliminación de los desperdicios

Deshacerse adecuadamente de los desperdicios es el medio más importante de controlar muchos insectos, particularmente de la mosca doméstica (Musca domestica L.) y la mosca de establo (Stomoxys calcitrans L.). Las moscas deben tener acceso a materia orgánica húmeda para reproducirse, una eliminación apropiada de los desperdicios bloqueará tal acceso. Esparciendo el guano en tierras agrícolas o secándolo antes de que las larvas de las moscas tengan tiempo de completar su desarrollo, ha sido usado por mucho tiempo como práctica efectiva de control cultural.

5.- Destrucción de pupas en el suelo

Muchos insectos empupan en el suelo para completar su ciclo normal o para pasar el período invernal. En tales casos, el paso del arado provoca la profundización de las pupas imposibilitando la emergencia normal de los adultos o por el contrario, las extrae exponiéndolas al frio, a la desecación por el calor o a la acción de sus enemigos naturales.

Las araduras después de las cosechas incorporan al suelo los restos de tocones, malezas y plantas aisladas que pueden albergar insectos dañinos. Los efectos de estas prácticas se extienden a los insectos que ovipositan en el suelo como las langostas y a aquellas que viven normalmente en el suelo cmo los gusanos de tierra y los gusanos alambres. Estos insectos quedan privados de alimento por la destrucción de las malezas hospederas y expuestos a la acción de los predatores. Con frecuencia en la costa del país se observa bandadas de gaviotas que siguen el paso del arado consumiendo gran cantidad de insectos.

B.- Interrupción de los Ciclos de Vida de los Insectos

La interrupción de la sucesión de los ciclos de vida de los insectos se logra mediante dos prácticas culturales: el establecimiento de períodos de "campo limpio" y la rotación de cultivos.

1.- Período de campo limpio

El período de campo limpio consiste en la destrucción total de plantas hospederas por un período relativamente prolongado, generalmente no menor de dos meses. En este lapso los adultos remanentes de la campaña anterior no encuentran plantas donde ovipositar y las formas inmaduras que no han completado su ciclo mueren por falta de alimento. Para que se tengan buenos resultados la medida debe observarse sobre una área extensa.

En la mayoría de los valles algodoneros del país, el período de campo limpio incluye la eliminación de las "socas" o algodón de rebrote. Justamente a esta medida se debe que el "Gorgojo de la chupadera" haya dejado de ser problema de primera magnitud en los valles del norte. En los valles de la -

costa central donde por situaciones especiales se permite el cultivo de "socas", es obligatorio la práctica del "descalate" que consiste en quitar la tierra que cubre la base de la planta con la finalidad de destruir los diversos insectos que allí se cobijan.

2.- Rotación de cultivos

Una de las prácticas agronómicas antiguas más difundidas es la rotación de cultivos, cuyo principal objetivo es separar en tiempo o espacio la plaga de sus hospederos. Desde el punto de vista fitosanitario, este método consiste en alternar campañas con cultivos que no sean atacados por las mismas plagas. Así, en la costa se suele rotar papa con maíz, algodón con maíz o frijol; de esta manera, se ven interrumpidos los ciclos de varias plagas que no son comunes a estos cultivos.

Al contrario, si un cultivo susceptible a una plaga es seguido por otro igualmente susceptible, se favorece el desarrollo de la plaga y sus daños se acentúan. Tal es el caso del cultivo del garbanzo siguiendo al algodonero en algunas áreas del Departamento de Lambayeque, cultivos que son atacados por el Heliothis virescens conocido como "perforador grande de la bellota" en el algodonero y como "gusano silbador" en el garbanzo.

La rotación de cultivos es particularmente eficiente cuando se trata de insectos que tienen rangos de hospederos restringidos y escasa capacidad de migración. Este sistema debe también considerar aspectos agronómicos y económicos. Así por ejemplo, debe pesarse la ventaja de cultivar papa o algodonero continuamente sin rotación, contra el incremento en las infestaciones de insectos y nematodos.

C.- Vigorización de la Planta

El cultivo en suelos fértiles o una buena fertilización, produce plantas vigorosas de rápido crecimiento que son capaces de tolerar los ataques de cierta población de plagas; de otro modo, plantas débiles que crecen en suelos pobres o que no han sido abonadas pueden ser destruídos por el ataque de una población similar de plagas. Sin embargo, esta regla no siempre es valedera, pues, ciertas plagas como áfidos, cigarritas, arañitas rojas, prefieren atacar plantas bien nitrogenadas, donde ellos se crian y multiplican más rápidamente (cigarritas en arroz, arañitas rojas en manzano y cítricos).

Es posible manejar la fertilización para sacar provecho, por ejemplo los pulgones son chupadores de savia y no comedores de hoja, una buena fertilización de potasio reducirá el contenido de nitrogeno en la savia sin perjudicar el contenido de la proteína en la hoja. El abonamiento con fosfatos favorece el desarrollo temprano de las raíces del trigo, con lo que se reduce los daños de los "gusanos alambres". En la costa norte, para prevenir los daños del Bucculatrix thurberiella en el algodonero se recomienda una fertilización adecuada.

D.- Evasión de las Epocas Favorables a las Plagas

La elección de una fecha apropiada de siembra y realizarla en un corto período, es una práctica cultural efectiva para prevenir los daños de las plagas. En cultivos anuales, es posible escapar a las fuertes infestaciones de las plagas, realizando las siembras en la época del año en que las plagas se encuentran ausentes, o sembrarlo de tal modo que el estado más susceptible del cultivo coincida con la época del año en que la plaga sea menos abundante.

En los Estados Unidos de Norte América, algunos insectos que atacan al maíz (Heliothis zea y Spodoptera frugiperda), invernan solamente en el sur y durante la campaña migran gradualmente hacia el norte; por lo tanto, sembrando el maíz temprano en el norte, madurará antes de que el insecto llegue, o se desarrolle poblaciones numerosas.

En el país, normalmente se cultiva máiz durante todo el año, las siembras en los meses frios presentan infestaciones menores del "cogollero", "cañero" y del perforador pequeño de los tallos (Elasmopalpus lignosellus). En cambio en los meses de verano las infestaciones de estos insectos son extremadamente altas.

En general, para las condiciones de nuestra costa, los cultivos tempranos tienen menor problemas entomológicos que los cultivos tardíos (caso del picudo peruano en el algodonero).

E.- Evitación de Condiciones Microclimáticas Favorables

Mediante diversas prácticas agrícolas se pueden evitar que las condiciones microclimáticas del cultivo sean favorables para las plagas. Entre estas prácticas, se encuentran el control de la densidad de siembra, la regulación de los riegos y de la fertilización, el control del desarrollo vegetativo y la poda en los árboles frutales

Cuando los cultivos están sembrados muy densamente, las condiciones de humedad relativa dentro del cultivo suele ser muy alta y la insolación a las partes interiores de las plantas muy escasa. Estas son condiciones que favorecen a numerosas plagas (Aphis y Heliothis en el algodonero). Por el contrario, un distanciamiento apropiado y la orientación adecuada de los surcos que permita la insolación directa son desfavorables para ciertas plagas (picudo en el algodonero).

En las condiciones de la costa peruana, con notable ausencia de lluvias, el control de los riegos tienen particular importancia. Se sabe, por ejemplo que los riegos restringidos limitan el desarrollo del Heliothis virescens en el algodonero, puesto que este insecto prefiere plantas con terminales suculentos para ovipositar. Por el contrario, los campos agostados favorecen el desarrollo del Bucculatrix thurberiella.

El abonamiento aplicado en forma fraccionada, con riegos controlados, de preferencia ligeros y a intervalos cortos, permite una buena retención de frutos y rápida maduración de la cosecha; al mismo tiempo que la exposición a las plagas se reduce sustancialmente.

Cuando por condiciones climáticas u otros factores, hay un rápido desarrollo vegetativo en el algodonero, un control del desarrollo de la planta se logra mediante el "despunte" o "topping", que consiste en el corte del brote terminal de la planta con el fin de detener el desarrollo en altura, en beneficio de las ramas ya formadas. El despunte favorece una maduración más temprana, y desfavorece el desarrollo del Heliothis y los gusanos de la hoja, ya que las hojas se vuelven menos suculentas.

F.- Plantas Trampas

Se consideran plantas trampas a aquellas que son preferidas por la plaga y que normalmente son infestadas antes de que se produzcan las infestaciones del cultivo principal. El valor de las plantas trampas como medio de control de plagas no está bien definido, pues , los informes con frecuencia son contradictorios. Es posible, que la falta de consistencia sobre su eficiencia, se deba a los múltiples factores que intervienen en su funcionamiento, incluyendo la relativa atractividad de la planta trampa, la proporción del área que cubre y su distribución respecto al cultivo principal.

En general se recomienda que las plantas trampas se siembren antes del cultivo principal y se le debe destruir junto con la plaga, antes de que ésta complete su primer ciclo. Una alternativa más conveniente es la concentración de aplicaciones de insecticidas sobre las plantas trampas para destruir las plagas antes de que éstas puedan pasar al cultivo principal.

La concentración de la plaga en las plantas trampas puede resultar ventajosa para el incremento de la fauna benéfica. En la costa del país se utiliza el maíz intercalado en los campos de algodonero y se acepta que esta práctica favorece el control del Heliothis virescens. Es posible que esta acción se deba más al favorecimiento de la fauna benéfica que a su rol como planta trampa.

Como punto final de esta exposición sobre el control cultural, quisiera hacerles recordar que los métodos de cultivo están cambiando y prácticas culturales que antes fueron efectivas para el control de las plagas,pueden ya no ser efectivas bajo las técnicas modernas de producción. Por lo tanto, los entomólogos deben tratar de mantenerse al tanto de estos nuevos métodos de producción y determinar mediante trabajos de investigación su valor en el control de las plagas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BEINGOLEA, O. 1956. Control del picudo peruano. Estación Experimental Agrícola de La Molina. Informe N°101. 32 pp.

BEINGOLEA, O. 1957. El sembrío del maíz y la fauna benéfica del algodonero. Estación Experimental Agrícola de La Molina. Informe N°104. 19 pp.

CISNEROS, F. 1974. Principios de Control de Plagas. Parte I. Departamento de Sanidad Vegetal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 144 pp.

FALCON L.A. y SMITH R.F. 1974. Manual de Control Integrado de Plagas del algodonero. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 87 pp.

GONZALEZ J.E. 1975. Manual de Evaluación y Control de Insectos y Acaros del algodonero. Boletín Técnico N°1. Fundación para el Desarrollo Algodonero. 56 pp.

HERRERA J.M y BAZAN DE SEGURA C. 1964. Recomendaciones para el control de las plagas del cultivo de la papa en Cañete. La vida agrícola. Vol. XLI. N°487. pp. 307-326.

HERRERA J.M. 1977,. Insectos que atacan al cultivo del algodonero en los Departamentos de Piura y Tumbes. El cultivo del algodonero. Trabajos presentados a la "Reunión Regional de Especialistas en el Cultivo del Algodonero". Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. pp. 200-210.

METCALF, C.L. and FLINT W.P. 1962. Destructive and useful insects. 4th. ed. Revised by R.L. Metcalf. McGraw-Hill Book Co., Inc. N.Y. 1087 pp.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1969. Insect pest Management and control. Principles of plant and animal pest control. Vol. 3. 508 pp.

PIEDRA V. 1958. El despunte o "topping" del algodonero como medida cultural entomológica en el valle del Chira. Rev. Peruana de Entomología Agrícola. Vol. 1 N°1. pp. 11-14.

VAN EMDEN H.F. 1974. Pest Control and its Ecology. The Institute of Biology's. Studies in Biology N°50. Edward Arnold. 60 pp.

WILLE J.E. 1952. Entomología Agrícola del Perú. 2da. Ed. Ministerio de Agricultura. Lima-Perú. 543 pp.

CONCEPTOS Y EJEMPLOS DE CONTROL BIOLOGICO

Dr. Robert van den Bosch
Profesor de la Universidad de California, Berkeley
Programa de Control Biológico

El Control Biológico es simplemente la regulación del número de plantas y animales por sus enemigos naturales. Como tal es un fenómeno natural, uno entre un conjunto de fuerzas físicas y bióticas y el cual, mediante el mecanismo de control natural, mantiene colectivamente el balance de la naturaleza. El control natural de la población es vital para la vida en la tierra, ya que es el fenómeno que permite la coexistencia de gran cantidad de especies de la tierra.

El control biológico, entonces, como un factor principal en el balance de la naturaleza, es de gran importancia para nosotros.

Al valorar el fenómeno del control biológico, pueden verse tres aspectos principales:

(1) Su dimensión naturalista
(2) La importancia clásica de enemigos naturales
(3) La preservación e incremento de enemigos naturales.

Pero antes de tratar estos tres aspectos del control biológico, debe enfatizarse que, debido al límite de tiempo, esta discusión será restringida esencialmente a una ligera visión de los controles biológicos de insectos y malezas y eso enfatizará aún más el papel de los depredadores y parásitos en el control biológico, dando sólo una rápida mención a los patógenos. La patología de una plaga (incluyendo el control microbiano) es un tema inmenso por sí mismo, y en una discusión tan breve como ésta, no podemos hacerle justicia.

Nuevamente, yo enfatizo que el control biológico es un fenómeno natural sumamente importante que tiene lugar constantemente alrededor nuestro. Se realiza por una cantidad inmensa de enemigos naturales contra un gran número de especies hospederas (victimas). Tal vez esto puede ser visualizado al observar la interacción de los enemigos naturales del hospedero en sus dos extremos; la depredación del calamar por la ballena por un lado, y victimización de un Bacillus por un bacteriófago por el ótro. Entre estos extremos se encuentran las innumerables interrelaciones de la naturaleza: depredador - presa, parásito - hospedero, patógeno - hospedero.

Tal vez es mejor que en este punto definamos unos cuantos términos que ya han sido usados o que serán usados en esta discusión. Es importante que entendamos estos términos para entender el control biológico. Estos términos son:

parásito: un pequeño organismo que vive dentro o sobre un organismo hospedero más grande.

parasitoide: un insecto parasítico que vive dentro o sobre, y eventualmente mata, un insecto (u otro artrópodo) hospedero más grande.

patógeno: un microorganismo que vive y se alimenta (parasíticamente) sobre o dentro de un organismo hospedero más grande, y de esa forma le causa daño.

predador: un organismo que se alimenta de otras especies (animal o planta) que son más pequeños o más débiles que él mismo, o (en el caso de las plantas) que carecen de mecanismos de resistencia o tolerancia a él.

Control Biológico Natural.- En la evolución del control de plagas se conoce a los últimos 35 años como la era del pesticida orgánico sintético. Los registros muestran que durante este período hubo un aumento masivo en el uso de pesticidas, al extremo que en muchos de los centros mundiales de producción agrícola (y otros recursos), así como también en el control del vector de la enfermedad, ha prevalencido la estrategia del control químico. Pero esta estrategia no está llenando las expectativas y existe una creciente tendencia hacia el control integrado (manejo integrado de plagas). Uno de los factores más importantes, tal vez el factor clave que ha invalidado la estrategia del control químico, ha sido sus efectos adversos en el control biológico que ocurre en forma natural. Esto ha llevado a un síndrome global que algunos llaman "Pesticide Thread mill", el cual se caracteriza por la resurgencia frecuente de la plaga combatida, ataques de plagas secundarias y plagas resistentes a los pesticidas. Como resultado, es cuestionable el que hayamos ganado terreno contra las plagas desde la mitad de los años 40, y de hecho, hay pruebas de que hemos perdido terreno.

A pesar de haber tenido problemas con la estrategia del control químico, parece que hemos aprendido algunas lecciones valiosas de la catástrofe. Una es que el control biológico como una fuerza natural ubicua es una ventaja sumamente importante para nosotros en nuestra interminable competencia con los organismos que constituyan las plagas, y que, este control biológico puede ser incorporado y, de hecho, debe ser un pilar en la estrategia del control integrado.

Todos los ecosistemas, aún los monocultivos, contienen cadenas y redes tróficas o alimenticias en las cuales las especies carnívoras y herbívoras (depredadores y parásitos) (y a menudo patógenos también) restringen o suprimen completamente las especies de plagas o plagas potenciales. El sentido común nos dice que tomemos ventaja de esta circunstancia de mortalidad en nuestra estrategia de control de plagas, y esto es lo que se hace cada vez más bajo el control integrado. Cada programa de C.I. del que tengo conocimiento, ha tenido un componente principal de control biológico, y este componente que se presenta de forma poderosa es la mortalidad biótica que ocurre de forma natural. Respecto a esto,

no tengo ninguna duda de que en nuestro uso futuro del control biológico, se enfatizará la utilización de depredadores, parásitos y patógenos naturales. Ya existe un amplio estudio sobre el control biológico natural, lo cual hace imposible tratar el tema apropiadamente en esta corta presentación. Sin embargo, en un intento de dar una idea sobre los alcances, la diversidad y la importancia del control biológico natural en el manejo de plagas, he hecho el siguiente cuadro con el número de programas exitosos del manejo integrado de plagas y he señalado de forma superficial,,las clases de enemigos naturales comprometidos.

Cuadro 1.- Ejemplos de programas de C.I. con componentes importantes de control biológico.

Programa	Localidad	Tipo de Enemigo Natural
Algodón	Perú	depredadores y parásitos generalistas
	California- U.S.A. (Valle San Joaquín)	depredadores generalistas
Alfalfa	California -U.S.A.	depredadores, parásitos, patógenos.
Manzana	Estado de Washington,USA	gorgojos depredadores
	Pennsylvania, U.S.A.	mariquita que se alimenta de ácaros
	Nova Scotia - Canadá	depredadores y parásitos
Pera	California - U.S.A.	depredadores
Durazno	Colorado - U.S.A.	depredadores y parásitos
Soya	Medio-Oeste y Sud-Este de los EE.UU.	depredadores, parásitos, patógenos
Trigo	Chile	depredadores, parásitos, patógenos
Palma Aceitera	Malasia	depredadores, parásitos, patógenos
Te	Sri Lanka	parásitos
Cítricos	Israel	depredadores y parásitos
Vegetación de carretera	California - U.S.A.	depredadores y parásitos
Mosquito	California - U.S.A. (Condado Marin)	depredadores

INTRODUCCION CLASICA DE LOS ENEMIGOS NATURALES (Control biológico clásico)

El control biológico clásico está dirigido en gran parte contra los invasores accidentales de áreas nuevas, los cuales causan una vasta epidemia debido a su escape de los enemigos naturales que los restringen en sus habitats nativos. Existen algunas excepciones a esto, pero son muy raras, y el número abrumador de éxitos en la introducción de los enemigos naturales clásicos ha comprometido la re-asociación de las plagas invasoras con sus enemigos naturales adaptados obtenidos del área nativa.

El control biológico clásico comprende tres pasos básicos: (1) Identificación del hogar nativo de la plaga (esto, por supuesto, implica una correcta identificación de la plaga misma), (2) Búsqueda, en el área nativa, de la plaga y sus enemigos naturales, (3) Envío de los enemigos naturales al área invadida y, después del proceso de cuarentena y evaluación biológica apropiados, la producción en masa y la colonización de estos enemigos naturales en el campo.

Como fue indicado anteriormente, la meta de este proceso es restablecer la relación hospedero-enemigo natural, y al hacerlo, bajar el nivel de población de plagas de modo que la especie sea reducida en severidad o completamente eliminada como plaga. Es importante aclarar que los enemigos naturales importados no erradican a sus hospederos. En lugar de eso, reducen el número de hospederos y los mantienen a densidades de bajo promedio. Si el promedio es suficientemente bajo, la especie permanece dentro de la condición económica, estética o de salud pública permitida, y no es más una plaga. Una pregunta surge a menudo: "¿Qué sucede con el enemigo natural cuando su hospedero se vuelve escaso? ¿Ataca entonces a otros animales y cultivos y se convierte en una plaga?". La respuesta, por supuesto, es no, porque el enemigo natural es dependiente en densidad y, muy a menudo, está específicamente limitado a la plaga hospedera. Así, decrece su número mientras el número de sus hospederos también se reduce, y también se convierte en una especie rara; pero con la capacidad de mantener a su hospedero en un nivel de población muy bajo.

En todo el mundo las introducciones de enemigos naturales han logrado, en substancia, completar el control de un poco más de 100 insectos de plagas y cerca de 20 especies de malezas. Esto podría parecer un record muy pobre cuando lo comparamos con las miles de especies de malezas e insectos de plagas en toda la tierra. La táctica tiene sus limitaciones, particularmente en que no tiene gran potencial contra las plagas nativas (por ejemplo: insectos y plantas que se convierten en plagas en sus habitat nativos). Y aún contra plagas exóticas, no es siempre posible efectuar un control biológico satisfactorio debido a obstáculos o limitaciones ecológicas, biológicas, administrativas, técnicas y logísticas. Aún más, la táctica ha sido pobremente explotada como lo demuestra el hecho de que sólo se le ha utilizado contra 225 de 10,000 o más insectos plaga del mundo, y en muchos casos, los programas fueron concebidos y conducidos pobremente, Sin embargo, la importanción de enemigos naturales clásicos

ha sido una de nuestras más exitosas tácticas al efectuar un control permanente de plagas, y tiene un potencial considerable para éxitos adicionales.

CONTROL BIOLOGICO DE LAS MALEZAS

La gran mayoría de los éxitos del control biológico clásico ha involucrado a los insectos. Sin embargo, la táctica ha sido también exitosa contra las malezas.

1.- En principio, hay una pequeña diferencia entre el control biológico de insectos y el de malezas:

a) Ambos comprenden a los enemigos naturales; por ejemplo: malezas (depredadores y patógenos), insectos (depredadores, parásitos y patógenos).
b) Los éxitos de los enemigos naturales importados han sido abrumadores contra las plagas extrañas (exóticas).
c) Ambas técnicas ofrecen un control seguro, efectivo, a largo plazo y a bajo costo.
d) El control no resulta en erradicación de la plaga.

2.- Pero existen diferencias importantes entre las dos prácticas.

a) Con las malezas, existe una necesidad absoluta de que el enemigo natural sea altamente específico, preferiblemente monófago, o a lo más ligeramente oligófago. No existe ninguna posibilidad de que el enemigo introducido desarrolle una afinidad con algunas plantas cultivadas o, de otra manera, sumamente valiosa. Por otro lado, con insectos entomófagos, oligófagos o aún polífagos, puede ser ventajoso a veces, y ciertamente no existe la condición de que un parásito o depredador importado sea ligeramente específico. El problema básico es simplemente, que ningún insecto benéfico (por ejemplo: La abeja obrera, algunos polinizadores nativos, mariquitas, crisopas, etc.) sea afectado adversamente, o que se importen hiperparásitos.

La necesidad de ser específicos en los insectos que se alimentan de malezas coloca una carga excesiva de responsabilidad en todos los comprometidos en el proceso de importación, particularmente aquellos que hacen las pruebas verdaderas. En la práctica, la especie de insecto (o patógeno) candidato es, en primer lugar, intensamente probada en ultramar en el área de colección. Con respecto a esto, todas las agencias que están seriamente comprometidas en el control biológico de malezas, mantienen laboratorios en ultramar (por ejemplo: USDA) (Departamento de Agricultura de los EE.UU.), CIBC (Instituto Nacional de Control Biológico), Australia, (Universidad de California). Las pruebas se hacen mediante el uso de plantas silvestres relacionadas y no relacionadas con las plantas comerciales. La experimentación en ultramar establece si el insecto deberá ser enviado al lugar acostumbrado de cuarentena para un estudio y pruebas adicionales intensivos. Entonces,

aún después de que este segundo grupo de pruebas de selección es completado, un comité especial de expertos revisa los datos y toma una decisión final sobre si el insecto o insectos deben ser liberados para su distribución en el campo.

b) La supresión de plantas con malezas por medio de enemigos naturales importados difiere un poco de la supresión de insectos de plagas. Con los insectos, la supresión resulta siempre directamente de la mortalidad prematura producida por el enemigo natural. Pero con las malezas el papel del enemigo natural es más complejo.

   i. El enemigo puede, simplemente, matar las plantas. Aquí, el encontrar el momento oportuno para el ataque (por ejemplo: al momento del stress nutricional) puede ser tan importante como la defoliación masiva.
   ii. Puede actuar como un intermediario para algunos patógenos (por ejemplo: como ocurrió con la tuna en Australia).
   iii. Puede destruir la capacidad reproductora de la maleza (por ejemplo: comedor de semillas).
   iv. Simplemente puede perjudicar la capacidad competitiva de la maleza, de modo que sea desplazada por especies más valiosas.

   Pero, a pesar de las diferencias sutiles mecánicas y técnicas descritas, el control biológico de los insectos y malezas opera bajo los mismos principios amplios, y en el fondo, es el fenómeno de dependencia recíproca de densidad.

   El control biológico de las malezas puede considerarse en los mismos tres aspectos básicos que el control biológico de los insectos u otra especie animal: (1) el naturalista, o sea el amplio fenómeno de las especies vegetales bajo la regulación de los enemigos naturales, (2) la clásica regulación de los enemigos naturales como lo hemos discutido anteriormente, y (3) el incremento y conservación de los enemigos naturales. Sin embarto, el último es menos aplicable que con los insectos; de hecho, fuera del uso de esporas patógenas como en el caso del control de vicia en arroz en E.E.U.U., es difícil citar una práctica de aumento utilizada en el control biológico de malezas, a menos que sea el uso de pesticidas selectivos o la re-inoculación de un área por un agente.

c) Algunos factores toman en consideración la adecuación de una maleza al control biológico y aquí, nuevamente en parte, existen diferencias con el control de insectos. Estos factores son:

   i. Si la planta es nativa o introducida.
   ii. Si la maleza tiene parientes cercanos que tienen importancia económica o estética.
   iii. Si la maleza se produce en una situación estable o alterada (cultivo corto).

iv. El punto de vista de varios grupos referente al valor o nocividad de la planta. Lo que es la maleza para un hombre es el recurso para otro.
Por ejemplo: el pasto Johnson- tiene algún valor como forraje.
El cedro, Tamarix pentandra, es considerado una maleza por los agricultores; pero para los pescadores y cazadores es algo bueno porque sirve como nido para las palomas de alas blancas.
La centauria es considerado como una plaga por los ganaderos, pero como una ventaja por los pescadores y apicultores.
Estos conflictos deben guardarse en mente. Considerando el balance del costo/beneficio de un programa es importante recordar que el control biológico de las malezas no elimina (erradica) las plantas y, por lo tanto, es posible tomar las cosas de ambas formas, Así, las virtudes de una planta pueden retenerse mientras suprimimos sus aspectos negativos.

3.- El control biológico de las malezas no puede consistir simplemente en el cambio de una especie de maleza por otra. Así, un programa tendría que asegurar las introducciones contra dos o más malezas si se busca un beneficio verdadero.

4.- Los insectos han sido los principales enemigos naturales usados contra las malezas; pero se han empleado exitosamente otros organismos. Por ejemplo: los peces han sido usados contra las malezas acuáticas y los gansos contra ciertas malezas terrestres. Algunos patógenos se han usado para controlar las malezas, de igual forma que ácaros y nemátodos.

PRESERVACION E INCREMENTO DE ENEMIGOS NATURALES

El manejo moderno de plagas mientras se cambia a la estrategia del C.I., incorpora y optimiza cada vez más el control biológico. La adición de nuevos enemigos naturales a los cultivos u otros recursos por la clásica importación de enemigos naturales exóticos es una forma de hacerlo. Pero es importante también el preservar o aumentar los enemigos naturales que ya existen en un medio ambiente, y esto puede hacerse de varias maneras. Una forma de hacerlo es por medio de colonizaciones periódicas inoculativas o inundativas de insectos enemigos naturales, en el campo. En el pasado, hubo dudas considerables sobre la utilidad de esta técnica por ejemplo: la liberación masiva de Trichogramma en cultivos como algodón, maíz, caña de azúcar y manzana. De otro lado, programas muy exitosos de liberaciones masivas de una gran variedad de enemigos naturales contra las plagas de los cítricos, llevados a cabo por el Distrito de Protección de Cítrico Filmore de California, la liberación de varias clases de enemigos naturales contra las plagas de invernaderos en Europa y la liberación de parásitos contra el escarabajo mexicano de la soya en el Sudeste de Los EE.UU. indican que la táctica de colonización periódica puede ser efectiva y económica. Obviamente, el asunto necesita de mayor estudio y desarrollo.

Una gran variedad de manipulaciones culturales han sido empleadas ó propuesto como medios para la preservación e incremento de los enemigos naturales. Por ejemplo, las plantas con néctar se han usado para proporcionar una fuente de alimentación para los parásitos adultos. La cosecha en franjas de alfalfa ha sido usada con eficiencia en California para mejorar el control biológico de áfidos y larvas de lepidópteros. También en California se han usado los cultivos de cobertura en arboledas de almendros y parrales en favor de los depredadores de arañita. Nuevamente en California, se mostró que al plantar moras (Rubus sp.) junto a los viñedos aumentaba la efectividad del parásito de la cigarrita de la vid. En este caso la cigarrita de la vid pasa el invierno en diapausia pero su parásito no lo hace y, de esta forma, debe encontrar un hospedero alternante para sobrevivir. Este hospedero es una especie de saltahojas el cual se presenta en las moras. Por lo tanto, plantando moras cerca de los viñedos se mantiene una población del parásito del saltahojas de la vid, y está disponible para la invasión temprana del viñedo cada primavera.

Comunmente, existe un interés considerable en el incremento nutricional de los enemigos naturales y en el uso de kairomonas (producto químico indirecto), para mejorar su efectividad. Los resultados de pruebas limitadas han sido muy prometedores. Pero estos aspectos de la manipulación de enemigos naturales están todavía en la fase de investigación y aún no se sostiene su condición de instrumentos prácticos efectivos.

Sin duda, el área más importante de la preservación- aumento de enemigos naturales se refiere al uso selectivo y discriminado de pesticidas químicos. De los muchos programas de C.I. que se realizan ahora alrededor del mundo, el uso selectivo de pesticidas ha sido un elemento importante en cada uno. Como la estrategia del C.I. entra en una implementación más amplia, el uso selectivo de pesticidas será casi ciertamente, ampliamente, en realidad casi rutinariamente usado en la práctica del manejo de plagas.

EL FUTURO DEL CONTROL BIOLOGICO

El control biológico tiene futuro, porque como un fenómeno natural continuará actuando sobre las plagas así reconozcamos este papel o no. Pero, por supuesto, ya que estamos reconociendo e incorporándolo en forma creciente dentro de nuestra estrategia en el manejo de plagas, el control biológico inevitablemente jugará un papel importante en el control de plagas conforme pase el tiempo. De todas maneras, el control biológico natural recibirá nuestra mayor atención; pero la clásica importación de enemigos naturales también recibirá un creciente énfasis. El control biológico será una táctica de manejo de plagas mucho más efectiva conforme nuestro conocimiento sobre las técnicas de preservación y aumento de enemigos naturales sea mayor en profundidad y sofisticación.

Referencias

DeBach, P. 1974. Biological Control by Natural Enemies. Cambridge University Press. 321 pp.

DeBach, P. (Ed.) 1964. Biological Control of Insects Pests and Weeds. Chapman and Hall, London. 844 pp.

Franz, J.M. and A. Krieg. 1972. Biologische Schädlings-bekämpfung. Pavey, Berlín. 208 pp.

Hagen, K.S. and J.M. Franz. 1973. A history of biological control. In "A History of Entomology". (R.F. Smith, T.E. Mittler and C.N. Smith, (Eds.). Pp. 433-476. Annual Reviews Inc., Palo Alto, Ca. 517 pp.

Huffaker, C.B. (Ed.). 1971. Biological Control. Plenun Press, New York and London. 511 pp.

Huffaker, C.B., and P.S. Messenger. 1977. Theory and Practice of Biological Control. Academic Press, New York, San Francisco, London. 788 pp.

van den Bosch, R. 1971. Biological control of insects. Ann. Rev. Ecol. Syst. 2: 45-66.

van den Bosch, R. and P.S. Messenger. 1973. Biological Control. Intext, New York. 180 pp.

CONTROL MICROBIOLOGICO

Robert van den Bosch
Universidad de California - Berkeley

La definición y el campo del control microbiológico

El control microbiológico se define aquí como "la utilización de patógenos para el manejo de las poblaciones de plagas".

En su consideración más amplia los patógenos son agentes de control biológico que ocurren en forma natural. Como tales frecuentemente causan epizootias, que ayudan a mantener el balance de las poblaciones de plantas y animales en la naturaleza. Desde hace tiempo esto fue observado por los biólogos que eventualmente iniciaron estudios intentando manipular a los patógenos para el control de las plagas. Este fue el génesis de las tácticas de control microbiológico que en años recientes se ha convertido en una arma significativa en el arsenal contra las plagas. En forma dominante, el control microbiológico involucra la manipulación artificial de patógenos (ejemplos: virus, bacterias, hongos, nematódes), particularmente como aspersiones o espolvoreos para suprimir las irrupciones violentas o las amenazas de irrupciones de plagas de artrópodos. La manipulación ambiental (ejem. prácticas de riegos) también es utilizada para favorecer la actividad del patógeno y así hacer efectivo el control microbiológico. Sin embargo, este es todavía un aspecto de la táctica desarrollada en forma pobre.

La presente discusión tratará del control microbiológico esencialmente en su dimensión aplicada y en su rol contra las plagas insectiles. Sin embargo se reconoce que la táctica ha sido usada contra otros tipos de pestes, como la utilización del virus de la mixomatosis en Australia contra el conejo europeo y la roya contra varias malezas. En realidad esta última práctica se encuentra en una fase temprana que parece tener una prometedora utilidad.

Historia

Desde hace mucho tiempo se sabe que los insectos son afectados por las enfermedades. Aristóteles observó que las abejas tenían enfermedades y en 1835 Agostino Bassi descubrió una enfermedad en otro insecto domético, el gusano de seda, e identificó a *Bauveria bassiana* como agente causal de la enfermedad llamada muscardina. Los primeros estudios de las enfermedades de insectos se hicieron en su mayor parte en estos dos insectos"domesticados".

Posteriormente, los estudios de las enfermedades se extendieron a los insectos plagas, y en 1879 el ruso, Metchinkoff, condujo los primeros experimentos de control microbiológico utilizando el hongo *Metarrhizium anisopliae* contra las larvas del escarabajo *Anisoplia austriaca*. El primer producto comercial conteniendo *Bacillus thuringhiensis* se produjo a fines de la década de 1930. El patógeno del escarabajo japonés *Bacillus popilliae* también fue producido comercialmente y ampliamente usado en la década de 1930.

La disciplina de la patología de insectos floreció inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial, cuando el Dr. Edward A. Steinhaus pasó a formar parte de la Facultad de Entomología de la Universidad de

California en Berkeley, donde estableció su afamado laboratorio de Patología de Insectos Steinhaus fue un visionario dinámico que catalizó la expansión de la patología de insectos y su rama aplicada, el control microbiológico.

El control microbiológico es una táctica útil de manejo de plagas - cuya importancia sin duda aumentará conforme proliferen los programas de control integrado y la investigación cuidadosa nos permita adaptar a estos sistemas a los agentes microbianos.

Usos y ventajas de los Agentes de Control Microbiológico

Los patógenos han sido usados en el control de plagas de tres maneras básicas:

1. Como agentes introducidos en programas clásicos de control biológico; ejem. el virus de mixomatosis en Australia contra el conejo - europeo (un caso extremadamente exitoso) el virus de poliedrosis nuclear contra la mosquilla del pino europeo (Neodiprion sertifer) en Canadá , el Oryctes baculovirus (ROV) usado con gran éxito contra el escarabajo rinoceronte en el Pacifico Sur.

2. Como epizootias de ocurrencia natural incorporadas en programas de control integrado de plagas; ejm. el uso de poliedrosis nucleares de ocurrencia natural contra la oruga del alfalfa (Colias eurytheme) en California, y los hongos Entomophthora spp. de ocurrencia natural contra el áfido manchado de alfalfa (Therioaphis trifolii) en alfalfa en California.

3. Como pulverizaciones o espolvoreos de insecticidas microbianos; ejm. Bacillus thuringhiensis contra la oruga medidora de la col (Trichoplusia ni) y muchas otras plagas insectiles.

Los agentes microbianos tienen una serie de ventajas como agentes de control de plagas, y, por supuesto, también tienen desventajas. Las ventajas y desventajas se presentan en el Cuadro No. 1.

Tabla 1.- Ventajas y desventajas de los agentes del control microbiológico

(Página 3....)

Tabla 1.- Ventajas y desventajas de los agentes de control microbiológico

1. Especificidad	1. La especificidad puede ser demasiado grande (ejm., cuando se presentan infestaciones mixtas de especies estrechamente relacionadas; *Spodoptera* spp.)
2. Seguros desde el punto de vista ambiental	2. Relativamente de alto costo
3. Frecuentemente de alta virulencia contra la especie motivo del control.	3. Problemas técnicos y logísticos en la producción y aplicación.
4. Compatible con otras formas de control (ejm. químico,biológico)	4. Naturaleza de no-propiedad (no pueden ser patentados como en caso de insecticidas químicos)
5. Disponibilidad de fuentes naturales (ejm: ciertos virus y su docilidad para ser manipulados como epizootias de ocurrencia natural.	5. Sensitividad a factores físicos del ambiente (radiación ultravioleta, pH, calor)

Las Clases de Agentes Microbianos

Virus

De los virus conocidos de insectos, aquellos del género *Baculovirus*, que contienen poliedrosis nucleares (NPV) y granulosis (GV), tienen considerable potencial para el desarrollo y uso como agentes de control microbiológico en agricultura y forestales. Esto está en relación con (i) su historia de uso exitoso (ii) su alto grado de especificidad y (iii) su naturaleza no peligrosa en relación con los organismos que no son motivo de control. (L.A. Falcon 1977. Conferencia en pesticidas virósicos: Conocimiento actual y efectos potenciales sobre la salud pública y del medio ambiente, Myrtle Beach Hilton, Myrtle Beach, Florida, Marzo 21-23 1977).

A pesar de ser prometedores y sus considerables atributos como pesticidas seguros y selectivos el uso de virus en el control de artrópodos plagas han tenido solo un uso limitado. Por ejemplo en los Estados Unidos solamente se han registrado dos pesticidas virósicos en la Agencia de Protección Ambiental y así están disponibles para uso general. Ellos son: (i) el NPV de *Heliothis zea* Boddie, y (ii) el NPV de la polilla del abeto Douglas, *Orgyia pseudotsugata*, registrado para el servicio forestal de -

los Estados Unidos. Otro NPV, que afecta a la polilla gitana, Porthetria dispar, está por ser registrado también para uso forestal. Un NPV, originalmente aislado de la oruga medidora del alfalfa, Autographa californica se encuentra bajo estudio en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos con posibilidad de registro futuro. Entre otros países del Hemisferio Occidental solamente Canadá está haciendo esfuerzos para registrar virus como insecticidas microbianos.

Por otro lado, varios virus no-registrados han sido usados con considerable éxito por agricultores individuales, especialistas en manejo de plagas y agencias gubernamentales. Por ejemplo, el NPV de la oruga del alfalfa ha sido usado por los agricultores de California. El NPV de la oruga medidora de la col, por agricultores y consejeros de control de plagas en California, Canadá y Colombia (América del Sur). NPVs de diferentes especies de Tentridinidos han sido usados por entomólogos forestales del Canadá; el NPV del gusano ejército de la beterraga, por agricultores de California y el Oryctes baculovirus en el Pacífico Sur. El control con estos virus ha sido exitoso. En experimentos conducidos por un amplio grupo de investigadores en una variedad de plagas han mostrado una serie de otros virus que son muy prometedores.

Bacterias

Poco se conoce acerca de la influencia de bacterias sobre poblaciones de insectos salvo los efectos de los pesticidas microbianos a base de bacterias aplicados por el hombre.

Al presente se han registrado sólo dos bacterias que están en producción comercial para ser usadas en el control de insectos. Estos son Bacillus popillia y B. thuringhiensis. El patógeno B. popilliae ha sido usado exitosamente contra el escarabajo japonés en los Estados Unidos. Al usarlo se agrega (mezcla) al suelo en grandes dosis en un patrón de aplicación en parrilla y luego se dispersa dentro del suelo por medios naturales B. popilliae es caro de producir y ha sido usado principalmente para colonizar nuevas áreas de infestación. Aplicado de esta manera ha causado la supresión del escarabajo japonés sobre grandes áreas.

El Bacillus thuringhiensis Berliner (B.t.) . Este patógeno actúa como un veneno específico para insectos y no se presenta en la naturaleza como un agente constante reductor de la población. E. B. thuringhiensis funciona principalmente produciendo una protoxina cristalina que es patogénica a las larvas de lepidopteros. Diferentes strains de B. thuringhiensis producen más o menos toxinas específicas (para un espectro de insectos hay muchos strains de B.t. clasificados en 12 serotipos).Característicamente, las toxinas son ingeridas oralmente y funcionan esencialmente paralizando a la víctima. En la mayoría de los casos hay signos de envenenamiento y disrupción del epitelio del intestino medio, lo que permite la penetración de bacterias al hemocel y el desarrollo de septicemia.

Bacillus sphaericus y Bacillus sp. En un descubrimiento reciente se ha determinado que la bacteria Bacillus sphaericus produce toxinas que extremadamente promisoras en el control de zancudos. Otro Bacillus (no -

descrito), designado como ONR-60A, parece que también produce toxinas extremadamente efectivas contra zancudos, siendo inocua para un amplio espectro de especies actuáticas que no son motivo del tratamiento (artrópodos y otros grupos).

Hongos

Hay básicamente dos tipos de hongos que afectan a los insectos: (i) un grupo heterogeno que ataca solamente a los insectos y (ii) un grupo menos específico que vive tanto en insectos como en otra materia orgánica.

Para completar el ciclo de desarrollo de los hongos entomógenos se requieren ciertas condiciones de humedad y temperatura. Esto resulta crítico para su comportamiento en la naturaleza o bajo la manipulación del hombre. Los hongos entran al hospedero principalmente del exterior después de entrar en contacto con la cutícula. La entrada se hace penetrando la cutícula. La transmisión es principalmente por medio de conidias, pero las esporas de descanso, blatoesporas e hifas también pueden participar.

Las infecciones fungosas en la naturaleza pueden expresarse como epizootias masivas (si las poblaciones hospederas se encuentran adecuadamente sensibles debido a los factores abióticos ambientales) o pueden ocurrir solamente como focos localizados. Algo más, como las esporas del hongo usualmente se generan en el exterior del hospedero, las tolerancias ambientales son más importantes que con los otros tipos de patógenos que entran a través del canal alimenticio. En el uso de los hongos como control microbiológico debe tenerse esto en cuenta.

El éxito en la manipulación deliberada de los hongos ha sido extremadamente limitado, aún cuando se han efectuado muchos esfuerzos. Esto es debido esencialmente al hecho que muchas pruebas para usar hongos han sido conducidas por personas que eran completamente ignorantes de las condiciones necesarias para el comportamiento satisfactorio de los patógenos fungosos. En efecto, solo muy pocos hongos fitopatógenos han sido bien comprendidos en cuanto a sus propias características como a aquellos de sus hospederos y del medio ambiente condicionante de manera que puedan usarse con cierto grado de éxito.

Los dos hongos entomógenos más ampliamente usados son Beauveria bassiana y Metarrhizium anisophiae. Hirsutella thompsoni se usa para el control del ácaro del tostado de los cítricos en Florida. (El hongo se produce comercialmente). En Australia se encuentra en estado de pruebas de seguridad el hongo Culicinomyces sp. antes de ser usada en amplia escala contra larvas de anofelinos.

Protozoarios

Los protozoarios parecen tener un potencial muy limitado como insecticidas microbianos de corto término y rápida acción. Con pocas ex-

cepciones, los protozoarios solo pueden reproducirse en hospederos vivos lo que por supuesto, impone serias limitaciones para su producción masiva a bajo costo. Además, donde ocurren infestaciones insectiles dañinas o amenazantes, pocas especies de protozoarios actúan con suficiente velocidad para evitar daños severos a los cultivos. En consecuencia si hay algún lugar para el uso de protozoarios en el control microbiológico lo más probable es que sea como introducciones a nuevas áreas. Algunos casos de este tipo son las introducciones exitosas del microsporidio, Glugea pyraustae contra el barreno europeo del maíz (Ostrinia nubilalis) en todos los condados de Illinois (Estados Unidos) por medio de la distribución de polillas hembras infectadas; y un experimento en Francia consiste en la inoculación de una parcela de 6 Hás. con Nosema melolonthae contra larvas del escarabajo Melolontha melolontha. N. locusiae ha sido usada exitosamente en amplia escala en el control de saltamontes en praderas de Montana y Idaho.

A pesar de estos éxitos aislados, el uso de protozoarios permanece casi nulo dentro de la práctica de control microbiológico prevaleciente.

Nematodes

El parasitismo de insectos por nematodes es de amplia distribución y, en muchos casos, estos gusanos son importantes en el control de poblaciones de insectos en la naturaleza. Hay un considerable potencial en el uso de nematodes en el control microbiológico de insectos y se han efectuado algunas tentativas para efectuar este control pero solo con éxito limitado. Las dificultades para obtener grandes números de estos parásitos para su inoculación en el campo han limitado el uso práctico de nematodes entomógenos. Más aún, se necesita comprenderse mejor la influencia de los factores ambientales, el comportamiento de los nemátodes y su especificidad, si es que se quiere manipular en forma efectiva las especies parásitas como agentes de control microbiológico. Actualmente, hay poco uso práctico de los nematodos como agentes de control de los insectos. Romanomermis culicivorax ha sido registrado y se produce comercialmente para el control de larvas de anofelinos. Neoaplectana sobre Heterorhabditis se ha producido también en grandes cantidades para efectuar pruebas de campo.

El Futuro del Control Microbiológico

El control microbiológico tiene un considerable potencial para su aplicación creciente contra plagas insectiles y malezas. También hay una posibilidad que la táctica microbiológica pueda usarse exitosamente contra patógenos de plantas (patógenos contra patógenos). Parece que el mayor potencial para el amplio uso de patógenos está en los virus de insectos. Louis Falcon (referencia previamente citada), al evaluar los problemas de plagas en la agricultura del Hemisferio Occidental, ha deducido que alrededor del 30 por ciento de las especies plagas del Hemisferio son potencialmente susceptibles de ser tratadas con pesticidas virósicos. En California, estima que casi la mitad (46 por ciento) de

las plagas principales son susceptibles a los baculovirus. Falcon considera que si se hacen los esfuerzos necesarios se pueden desarrollar insecticidas virósicos importantes para una proporción significativa de plagas insectiles. En forma colectiva, la misma probabilidad puede ser cierta para los hongos, bacterias y nematodes entomogenos. Queda por ver si se dará el suficiente apoyo a la investigación y desarrollo que se requiere.

Referencias

Anon. 1975. Baculoviruses for Insect Pest Control Safety Considerations. Amer. Soc. for Microbiol. 186 pp.

Burgess, H.D. and N.W. Hussey. 1971. Microbial Control of Insects and Mites. Academic Press, New York. 861. pp.

Maxwell, F.G. and F.A. Harris. 1976. Proceedings of the Summer Institute of Biological Control of Plant Insects and Diseases. Univ. of Miss. Press, Jackson, Miss. 647 pp.

Metcalf, R.L. and W.H. Luckman. 1975. Introduction to Insect Pest Management. John Wiley & Sons. 587 pp.

U.S. National Academy of Sciences. 1975. Pest Control: An Assessment of Present Alternative Technologies. 5 vol.

----------. 1969. Microbial Control of Insects. Ch. 8 in Insect Pest Management and Control. U.S. Nat. Acad. Sci. Vol. 3.

CONTROL BIOLOGICO DE PATOGENOS DE PLANTAS

Ing. Ricardo Mont Koc
Universidad Nacional Agraria
La Molina

El control biológico se basa en que el mundo viviente es un sistema complejo en el cual unos organismos luchan por su existencia, a menudo en perjuicio de otros organismos.

El control biológico según Garret, envuelve la reducción de la enfermedad por interacción de uno o más organismos vivos en los que el hospedero (cultivo) y el hombre no son considerados. En la mayoría de los ejemplos, el medio ambiente es alterado a fin de favorecer el efecto del organismo vivo dentro de la relación hospedero-parásito, en este sentido, el control biológico puede ser considerado un aspecto del control cultural que busca alterar la condición biótica-abiótica, cambiando de una situación que favorece la enfermedad hacia otra que desfavorece la acumulación de propágulos y reduce la actividad patogénica de los microorganismos, sean ellos bacterias, hongos, virus o nemátodos.

Antagonismo entre microorganismos

En la práctica es frecuente observar que cuando se siembran 2 microorganismos en un medio de cultivo, uno de ellos impide el crecimiento del otro, notándose este fenómeno por las zonas de inhibición que se producen. En la periferie de la zona de inhibición es posible observar deformación o destrucción de los elementos vegetativos de los organismos inhibidos. A corta distancia ocurre un estímulo que se trasunta en la forma de hifas multiramificadas, e incremento en la esporulación, etc.

Las posibilidades de aparición de antagonismo son múltiples; en la competición por espacio, el vigor vegetativo de un organismo puede impedir el crecimiento de otro, (caso de muchas Mucoraceae). Cambios físico-químicos en el medio tal como el potencial de oxidación-reducción, la presión osmótica, y el pH pueden inhibir el desarrollo, por ejemplo, especies de Aspergillus pueden acidificar el medio o hacerlo insatisfactorio para el crecimiento de otros microorganismo.

En medios artificiales las causas principales son competencia por nutrientes y la producción de sustancias antibióticas. Sanford es considerado como el pionero de los estudios de antagonismo microbiano en el suelo. En 1926, propuso que la acción benéfica de ciertos abonos verdes reduciendo el efecto de Streptomyces scabies resultaba del efecto antogonístico de ciertas bacterias sobre el Streptomyces.

Dentro de los organismos antagónicos, los Actinomicetos constituyen una proporción apreciable. La acción antagonística de los Actinomycetos y otros microorganismos ha sido mayormente encontrado "in vitro". Se ha encontrado igualmente que la enfermedad es reducida cuando el organismo antagónico y el patógeno se encuentran en suelos que han sido previamente esterilizados, pero con suelos naturales, los resultados han sido

negativos, por lo que siempre existe la interrogante de la complejidad de los procesos biológicos en el suelo y de su posible utilidad en la lucha contra las enfermedades.

La incorporación de abonos verdes es factor principal en el incremento de la flora microbiana y por ende de microorganismos antagonísticos. Es necesario tener en cuenta la calidad de estos abonos verdes y su relación Carbono/Nitrógeno, por ejemplo, rastrojos y materiales ricos en carbohidratos y pobres en nitrógeno aceleran la desaparición del Ophiobolus graminis, agente causal de la pudrición radicular en el trigo. La relación C/N tiene pues un rol importante en las enfermedades radiculares. Cuando la relación es mayor de 25/1, los síntomas de pudrición radicular en frijol son significativamente suprimidos. Es necesario tener en cuenta que el efecto de la relación C/N de las enmiendas orgánicas en el Control Biológico ha de variar probablemente en forma muy amplia con los diferentes hongos, de acuerdo a su relativa sensibilidad al anhidrido carbónico acumulado, o a la escasez de nitrógeno.

Por otro lado Maurer en 1964 propuso un sistema de modelo biológico para limitar el Carbono en el control biológico de la pudrición radicular del frijol mediante enmiendas de lignina y quitina; el primero solo, no tuvo efecto y el segundo, incrementó la severidad de la enfermedad, pero ambos juntos la redujeron. Esto sería un mecanismo diferente al control biológico inducido a altas relaciones C/N. La quitina resulta ser un excelente substrato para los Actinomicetos, los mismos que en grandes cantidades compiten a su vez por carbono que es necesitado por el patógeno, produciéndose una competencia por dicho elemento.

Mecanismos de acción del fenómeno antagonístico

Diferentes mecanismos de acción de antagonismo entre microorganismos han sido postulados; podemos citar los siguientes:

1.- Incremento de la microflora después de la incorporación de un abono verde (práctica cultural). Se especula que el incremento de CO_2, que se produce como consecuencia de esta incorporación, puede afectar al patógeno.

2.- Un déficit en la disponibilidad de ciertos elementos especialmente N, Ca, Mg, etc. que se produce como consecuencia del aumento en la microflora puede influenciar en el patógeno. Khan, citado por Kernkamp, encontró que la ausencia de calcio y magnesio predispone a plantas de soya y arveja a ser infectadas por Rhizoctonia solani.

3.- Ciertos microorganismos pueden crear condiciones que desfavorecen a otros, tal es el caso de ciertas bacterias que "in vitro" pueden volver demasiado ácido el medio de cultivo, que impide la germinación del Streptomyces scabies.

4.- Muchos organismos antagonísticos pueden producir sustancias antibióticas en cultivos artificiales, las mismas que son consideradas responsables por dicho tipo de relación ecológica entre microorganismos de suelo (Antibiosis).

Mecanismos de control biológico de patógenos del suelo

Al hablar sobre control biológico se mencionó el antagonismo entre microorganismos. Este antagonismo podría ser uno de los principales mecanismos que actúan en el control biológico de fitopatógenos del suelo.

Existen 3 categorías de antagonismo:

I.- Antibiosis: involucra a las sustancias metabólicas (antibióticos) producidas por organismos y que tienen un efecto dañino sobre otros microorganismos.
El primer trabajo experimental en la producción de sustancias antibióticas en el suelo fué reportado por Grossbard en 1948. Dicho autor mostró que en un suelo estéril enriquecido con glucosa, paja de trigo, o pulpa de beterraga, el *Penicillium patulum* produce una sustancia antibacteriana llamada patulina. La Cloromicetina es producida por *Streptomyces venezuelae* y el actidione por *S. griseus* en suelo enmendado con elementos orgánicos; la producción de antibióticos en el suelo puede ser influenciado por muchos factores, especialmente el tipo de suelo, su pH, la esterilización, la adición de elementos orgánicos. La presencia de diversos microorganismos en el suelo al mismo tiempo, tiende a disminuir la cantidad de antibióticos. Se ha encontrado que:

a) en la producción de antibiótico se requiere, por parte del organismo productor, de una nutrición adecuada, especialmente fuentes de carbono. En el suelo, esto significa que la producción se efectúa en las cercanías de sustratos orgánicos tales como paja o cubierta de semillas.

b) la extracción de antibióticos de dichas áreas se efectúa con dificultad, pero es en estas áreas donde la acumulación de dichas sustancias debe ejercer un mayor efecto, comparado con partes del suelo libres de raíces.

c) Antibiosis "in vitro" no indica necesariamente antibiosis en el suelo.

d) La inactivación de antibióticos producidos en el suelo es debido a un número de procesos, incluyendo adsorción en coloides arcillosos y partículas de humus.

Modo de acción de los antibióticos

Los antibióticos producidos por los microorganismos actúan:

1) directamente en organismos patogénicos inhibiendo su crecimiento.

2) la acción de los antibióticos "in vitro" incluye la prevención del crecimiento y deformación y/o destrucción de órganos vegetativos.

3) algunos antibióticos pueden ser absorbidos por las raíces, siendo luego traslocados a diferentes órganos sin perder su actividad, a esta sustancias con características sistémicas pertenece la streptomicina.

Diferentes hospederos difieren en su capacidad para absorber un mismo antibiótico, por ejemplo, la penicilina es absorbida por plántulas de frijol pero no por maíz o pepinillo (Cucumis sativus).

II.- Competencia: es el efecto dañino de un organismo sobre otro a causa de la utilización o impidimento en el uso de algunos recursos del medio ambiente.
La competencia puede tener relación con el fenómeno de latencia sobre todo aquella causada por carencia de sustancias necesarias para que las diferentes estructuras germinen. Es común encontrar en determinadas condiciones, que una porción sustancial de microorganismos en el suelo estan en estado de latencia, pudiendo esta ser total o parcial debido al fenómeno de competencia.
La latencia puede explicarse por:
a) la hipótesis de deficiencia en nutrientes que produciría una falta de sustancias esenciales para la germinación (fuentes de Carbono, Nitrógeno, etc.).
b) la presencia de un bajo nivel de sustancias inhibitorias difusibles en el suelo que puede llegarse a corregir por aplicación de nutrientes adecuados que anularían la latencia.

III.- Explotación: se le considera como predación o parasitismo, esto es, microorganismos viviendo a expensas y en detrimento de otros microorganismos.

Hiperparasitismo

El hiperparasitismo constituye una relación simbiótica, mas propiamente una simbiosis antagónica entre dos organismos: algunos autores lo llaman Micoparasitismo.

Los intentos prácticos de control biológico usando otros microorganismos han tenido a la fecha sólo éxito relativo. Las investigaciones del uso de micoparásitos en el control de hongos han sido dirigidos principalmente hacia patógenos habitantes del suelo y han consistido en agregar cantidades copiosas del micoparásito al suelo, habiéndose encontrado que tal tratamiento no resultaba el indicado para el control de enfermedades fungosas de plantas debido a que no se obtenía una protección consistente y a que son comercialmente impracticables.

En la naturaleza es posible encontrar que ciertos microorganismos (bacterias y hongos) son parásitos de organismos fitopatógenos; por ejemplo el hongo Ciccinobolus cesatii se desarrolla en forma de hilos miceliares delgados dentro de las hifas y conidióforos de Erysiphe graminis. Este tipo de hongo es capaz de impedir u obstruir el crecimiento del patógeno, pero especies de este género raramente reducen el ataque de los hongos que causan la oidiosis debido a que se presentan en muy poca cantidad en la naturaleza.

Especies del género Darluca viven en las pústulas de los Uredinales, por ejemplo D. filum puede encontrarse parasitando las uredosporas y/o teleutosporas de muchas royas. Se ha encontrado que determinadas bacterias pueden parasitar fructificaciones de Uredinales, tal es el caso de Xanthomonas uredovorus parasitando a Puccinia graminis.

Entre otros hongos que parasitan fitopatógenos podemos citar a Trichotecium plasmoparae a Plasmopara viticola, Trichoderma lignorum a Rhizoctonia solani, Phytophthora parasitica, Pythium sp., Sclerotium rolfsii, etc. Dichos hongos actúan inhibiendo o matando las hifas de sus hospederos directamente por parasitismo o indirectamente por antagonismo.

El uso del hongo Trichoderma lignorum en el control de las enfermedades del tipo chupadera fungosa no resulta exitoso debido a que no es dominante en la superficie del suelo, requiere de una humedad muy alta y tiene una rápida autolisis.

El hongo Rhizoctonia solani, causante de la chupadera fungosa en muchos cultivos, puede a su vez atacar otros hongos de la clase Ficomicetos. El parásito ataca las hifas aéreas y esporangióforos de su hospedero en 2 formas:

- penetrando las hifas y creciendo rapidamente en el interior, ó
- puede enroscarse y estrangular una parte del hospedero. El protoplasma de las hifas cercadas se coagula o se vuelve ópticamente menos denso y desaparece.

La destrucción de propágulos en el suelo por parasitismo es un mecanismo de control biológico desde que puede reducir la densidad del inóculo (este fenómeno ocurre en forma común en el suelo); Lloyd y Lockwood sugieren que el micelio fungoso puede ser digerido por derivados enzimáticos intracelulares (autolísis) o por enzimas extracelulares liberadas por otros microorganismos (heterolisis), que estaría dentro de la categoría de antibiosis.

Dentro de los mecanismos de control biológico se ha llegado incluso a probar inoculaciones en el hospedero con hongos no patógenos o de poca virulencia. Cuando el hospedero se inocula subsecuentemente con un patógeno virulento, los síntomas expresados son menores. Se explica esto como un tipo de resistencia que se incrementa en el hospedero por producción de fitoalexina o por obstrucción del sistema vascular. Se ha encontrado que el hongo Cephalosporium sp. indujo la obstrucción vascular en tomate previniendo una extensiva diseminación del hongo Fusarium oxysporum f. lycopersici.

En el mecanismo de control biológico debe esperarse una reducción en la densidad del inóculo. La reducción del número de propágulos de la rizósfera debería ser suficiente para reducir la severidad de la enfermedad en un nivel dado de inóculo.

Si no se produce disminución de la densidad de inóculo en condiciones de competencia, los propágulos no deberían ser capaces de germinar y penetrar mientras dure la acción del control biológico.

En la naturaleza se encuentra que ciertos hongos de suelo: Arthrobotrys sp. y Ascobolus sp. tienen en los nemátodos su fuente de alimento, estos hongos forman lazos de sus micelios con los cuales atrapan y estrangulan a dichos nemátodos. El micelio llega a invadir el interior del animal al cual digiere.

Este tipo de parasitismo no llega a bajar en forma notable la población de nemátodos, por lo cual su valor práctico es limitado.

Es conocido que los nemátodos causan heridas por las cuales patógenos de suelo pueden ingresar en su hospedero, pero existen referencias del efecto negativo de algunos nemátodos sobre la actividad patogénica de hongos causantes de podredumbres radiculares. Klink y Baker indican que el número más eficiente de Aphelenchus avenae en el control biológico de podredumbre radicular en frijol causada por Rhizoctonia solani y Fusarium oxysporum f. sp. pisi estuvo directamente relacionada con el nivel fungoso de inóculo. Poblaciones de 4,000 - 6,000 nematodes de A. avenae por ml de inóculo fungoso dieron el mejor control de la pudrición radicular.

Bacteriófagos

En el año 1917, d'Herelle presentó evidencia de que la bacteria Shiga bacillus está afecta a una enfermedad infecciosa; los agentes infecciosos han sido identificados y se les conoce como bacteriófagos, los cuales son usualmente considerados como ultravirus. La palabra bacteriófago significa literalmente "comer bacteria" (del griego phagein = comer) Estos son virus que infectan bacteria interrelacionándose con ellos. Son parásitos obligados.

Holmes incluyó los virus bacterianos o bacteriófagos dentro del orden de los virales. Estos bacteriófagos son diferenciados al nivel de especies por su rango de hospederos, sus propiedades serológicas, temperatura de crecimiento, virulencia, periodo latente, tamaño y morfología, propiedades químicas y fisiológicas, resistencia al calor, etc.

Los bacteriófagos pueden agruparse en:

1. bacteriófagos virulentos
2. bacteriófagos moderados

1.- fagos virulentos.- se caracterizan por que la infección de bacterias sensibles por un fago de este tipo casi invariablemente da lugar a multiplicación y liberación de partículas hijas de fagos a partir de las células infectadas.

Si este tipo de fago es untado en la superficie de un medio agar previamente cultivado con una suspensión densa de una bacteria sensitiva, da lugar a la formación de discos claros diferenciables.

La mayoría de los fagos conocidos que atacan bacterias fitopatógenas son posiblemente de tipo virulento.

2.- fagos moderados.- en este caso los discos formados son usualmente turbios debido a que el centro es ocupado por el crecimiento de las células lisogenizados. La bacteria sensible lisogenizada por este tipo de fago se vuelve inmune al mismo o a fagos moderados relacionados y algunas veces hacia ciertos fagos virulentos.

Los diferentes grupos de fagos son nominados por números o letras romanas o griegas seguida por el nombre del género de bacteria en la cual ellos son activos. Ej. el fago T_4 de Escherichia coli.

Los bacteriófagos difieren de otros virus por el hecho de que ellos tienen un alto contenido de DNA (cerca del 50%), comparados con la pequeña porción de DNA o RNA en otros virus. Además, por su forma, siendo la mayoría de estructura complicada y por poseer cola.
El ciclo de vida de un bacteriófago virulento puede dividirse en 4 partes:

-adsorción a la célula del hospedero susceptible,
-invasión de la célula,
-duplicación del fago,
-liberación de los bacteriófagos

Los fagos T son inertes y no muestran signos de multiplicación o metabolismo en ausencia de células hospederas. Cuando entran en contacto con un cultivo de E. coli, las partículas de fagos se fijan a las células bacterianas por su cola. La pared bacteriana es atacada por la enzima de la cola y el contenido de DNA de la cabeza es inyectado en la bacteria. En el interior de la célula bacteriana se interrumpe la síntesis de DNA y RNA bacteriana pero se sintetizarán proteínas esenciales para la duplicación de fagos.

Al cabo de unos 10 minutos de la inyección de DNA en la célula bacteriana aparece el primer fago maduro dentro de la célula; la acumulación de fagos continúa hasta que la pared celular se rompe liberando a los fagos formados. Se ha encontrado que una célula infectada puede liberar hasta 100 partículas del fago, las mismas que estarán aptas para infectar otra célula bacteriana.

En la actualidad se han descubierto fagos para muchas bacterias patogénicas tales como: Agrobacterium tumefaciens, Aplanobacter stewartii, Erwinia carotovora, Pseudomonas phaseolicola, Xanthomonas malvacearum, etc.

Se ha encontrado que los fagos difieren en su acción, algunos son polivalentes mientras que otros tienen una alta especificidad.

Estudios posteriores han llegado a determinar partículas con caracteres similares a fagos y son conocidos como "bacteriocina", la cual

por su naturaleza sería más un antibiótico que un fago. La naturaleza de la bacteriocina es proteínica, y es producida por células destruídas de las bacterias que poseen la propiedad hereditaria para producir tales sustancias. Una simple partícula de "bacteriocina" causa la muerte de una bacteria sensible cuando es adsorbida a ella.

Posibilidades en el uso de microorganismos para el control de enfermedades

El uso de microorganismos en el control de las enfermedades causadas por organismos del suelo resulta efectivo cuando se prueban antagonismo o hiperparasitismo en condiciones de laboratorio con suelo estéril y con la presencia solo de los microorganismos involucrados. En condiciones naturales se encuentra que por la complejidad de los sistemas biológicos este tipo de control no es del todo efectivo.

Se ha llegado a insinuar la posibilidad de infestar semillas con organismos, los que tendrían efecto de antagonismo o hiperparasitismo, ayudando de este modo a reducir la enfermedad. Katznelson enfatiza la inconsistencia de este tipo de mecanismo de control, sin embargo en Minnesota, Chang y Kommedahl en 1968 encontraron éxito en el control del Fusarium roseum (seedling blight) del maíz cubriendo las semillas con Bacillus subtilis o Chaetomium globosum. Este control es atribuído a los siguientes factores:

a) el maíz es favorecido por temperatura alta y la enfermedad por temperatura baja, por lo que durante la estación o época de crecimiento la enfermedad es menos dañina, esto trae consigo un periodo corto de protección por parte del organismo antagónico.

b) por ser dicho patógeno solo un problema en plántulas, el periodo de protección es corto.

c) el antagonismo ocurre naturalmente en la rizósfera del maíz que es el área donde el control es necesario.

Por otro lado Zak, 1964, sugirió que las raíces que poseen micorriza ectotrófica pueden ser menos susceptibles al ataque por patógenos radiculares comparados con raíces que no tienen aquella relación simbiótica mutualista.

Darpoux indica que la flora saprofítica de la superficie de las semillas puede limitar el ataque de ciertos patógenos. Existen reportes de que el porcentaje de plántulas de maíz atacado decrece, si se incuba las semillas durante 24 horas en una cámara húmeda antes de inocularlo con Helminthosporium sativum; probablemente la humedad favorece el crecimiento de saprófitos antagónicos en las paredes de la semilla. El mismo autor indica, además, que en algunos casos, el tratamiento químico de semillas elimina la flora superficial de estas produciendo un incremento en el ataque de H. sativum, especialmente con el uso de formaldehido. Esto traería a colación un problema en la desinfestación de semilla

cuando la flora superficial se elimina pues los patógenos podrían desarrollarse sin estorbo alguno.

Para el caso de los bacteriófagos su empleo se posibilita en forma mas amplia; así tenemos que mediante fagos específicos se podría intentar la identificación y clasificación de ciertas bacterias fitopatógenas. Esto sería posible en el caso de identificar Xanthomonas spp. para la que existe un alto grado de especificidad, no así para el caso de Pseudomonas spp. en que los fagos son polivalentes o no específicos en carácter. Todavía existen muchas dificultades para la aplicación práctica en la identificación de especies o strains de bacterias.

Otra forma de usar los fagos sería en la detección de semillas infectadas con bacteria. La esencia de este método es el uso de un fago de especificidad conocida que ataque solo la bacteria patogénica susceptible en semillas.

En el caso de terapia mediante bacteriófagos, se han efectuado muchas pruebas, resultando positivas algunas.

Teóricamente, si todas las células bacterianas en las lesiones pudieran adsorber su fago específico virulento, dichas células serían eliminadas, pudiendo la planta recobrarse de la enfermedad causada por aquel organismo. En la práctica, la bacteria de una lesión se presenta en masas densas por lo que la adsorción del fago por todas las células es imposible. Esto hace que el uso de los fagos en el control tenga solo valor relativo. Podría usarse en el caso de inyección del fago dentro del tejido o sumergiendo las semillas en una suspensión con el fago. Mención especial para el caso de bacteriófagos es su empleo en medicina humana, especialmente en el control de bacterias causantes de transtornos gastro-intestinales.

Para finalizar este punto del control biológico mencionaremos la influencia que tienen los fitopatógenos en la destrucción de malezas.

Desde el punto de vista de hospedero, esto podría considerarse como enfermedad de las malezas, pero desde el punto de vista de su utilidad, este ataque serían en parte beneficioso por el control de este tipo de vegetación. Un aspecto que deberá tenerse en cuenta es el rol de dichas malezas en perpetuar a fitopatógenos (fuente de inóculo) para las cosechas futuras, por lo que debe considerarse solo la posibilidad del uso de organismos parásitos específicos para malezas. Hasan, 1974, indica que mediante la introducción de Puccinia chondrillina a Australia se ha logrado un tremendo avance en el control de la Chondrilla juncea al cual dicho microorganismo es específico. Dicha maleza es importante en cultivos de trigo bajo condiciones australianas. Se indica igualmente la posibilidad de usar una forma específica de Erysiphe cichoracearum sobre la misma maleza; dicha forma no infectaría hospederos afines cultivados.

El muérdago (Arcenthobium sp.) puede ser controlado biológicamente por el hongo Septogloeum gillii.

Las algas azul-verde (Blue-green algae) que interfieren con el flujo del agua de los canales de regadío es controlada por un virus, el LPP-1.

En el control de malezas leñosas se ha efectuado una serie de ensayos, por ejemplo: eliminar el roble usando Ceratocystis fagocearum, agente causal de la marchitez del roble.

La cúscuta puede ser controlada biológicamente por el Colletotrichum destructivum o por la Alternaria cuscutacidae.

Referencias

1. Baker, Kenneth F. and R. James Cook. 1974. Biological control of plant pathogens. W.H. Freeman and Company. San Francisco.

2. Baker, Kenneth, F. and W.C. Snyder. 1965. Ecology of soil borne plant pathogens. University of California Press, Berkeley.

3. Baker, Ralph. 1968. Mechanisms of biological control of soilborne pathogens. Ann. Rev. Phytopathology 6: 263-294.

4. Blair, I.D. 1942. Studies on the growth in soil and the parasitic action of certain Rhizoctonia solani isolates from wheat. Can. J. Research. C 20: 174-185.

5. Boosalis, M.G. 1956. Effect of soil temperature and green-manure amendment of unsterilized soil on parasitism of Rhizoctonia solani by Penicillium vermiculatum and Trichoderma sp. Phytopathology 46: 473-478.

6. Boosalis, M.G. 1964. Hyperparasitism. Ann. REv. Phytopathol. 2: 363-376.

7. Butler, E.E. 1957. Rhizoctonia solani as a parasite of fungi. Mycologia, Vol. XLIX, Nº 3, pp. 354-373.

8. Butler, E.E. and T.H. King. 1951. Fungus parasitism by Rhizoctonia. (Abs.). Phytopathology 41: 5.

9. Chang, I. and T. Kommedahl. 1968. Biological control of seedling blight of corn by coating kernel with antagonistic organisms. Phytopathology 58: 1395-1401.

10. Chinn, S.H.F. and R.J. Ledingham. 1961. Mechanisms contributing to the erradication of spores of Helminthosporium sativum from amended soil. Can. J. Botan. 39: 739-748.

11. Darpoux, H. 1960. Biological interference with epidemic. In Plant Pathology, an advanced treatise. (Horsfall and Dimond, Eds.) 3: 521-565.

12. Durrell, L.W. 1968. Hyphal invasion by Trichoderma viride. Mycopathologia et Mycologia Applicata, Vol.35: 138-144.

13. Edmund, J.E. & W.F. Mai. 1967. Effect of Fusarium oxysporum on movement of Pratylenchus penetrans toward alfalfa roots. Phytopathology 57: 468-471.

14. Garret, S.D. 1965. Toward biological control of soil-borne plant pathogens. In Ecology of soil borne Plant Pathogens, 4-17 (Baker, K.F. & W.C. Snyder, Eds.) Univ. California Press. Berkeley, Calif. 571 pp.

15. Gottlieb, D. and P. Siminoff. 1952. The production and role of antibiotics in the soil. Phytopathology 42: 91-97.

16. Hasan, S. 1974. First introduction of a rust fungus in Australia for the biological control of skeleton weed. Phytopathology 64: 253-254.

17. Hasan, S. 1974. Recent advances in the use of plant pathogens as biocontrol agents of weeds. Pans 20(4): 437-443.

18. Huber, D.M. and R.D. Watson. 1970. Effect of organic amendment on soil-borne plant pathogens. Phytopathology 60: 22-26.

19. Hutfaker, C.B. and P.S. Messenger. 1976. Theory and practice of biological control. Academic Press, New York.

20. Inman, Robert E. 1971. A preliminary evaluation of Rumex rust as a biological control agent for curly dock. Phytopathology Vol.61: 102-107.

21. Johnson, S.P. 1953. Some factors in the control of the southern blight organism, Sclerotium rolfsii. Phytopathology 43: 363-368.

22. Kernkamp, M.F. et al. 1952. Investigations on physiologic specialization and parasitism of Rhizoctonia solani. University of Minnesota. Agric. Exp. Sta. Tech. Bull. 200. 36 p.

23. Klink, J.W. and K.R. Baker. 1968. Effect of Aphelenchus avenae on the survival and pathogenic activity of root-rotting fungi. Phytopathology 58: 228-232.

24. Leach, C.M. 1958. A disease of dodder caused by the fungus Colletotrichum destructivum. Plant Dis. Reptr. 42: 827-829.

25. Linderman, R.G. 1970. Plant residue decomposition products and their effects on host roots and fungi pathogenic to roots. Phytopathology 60: 19-21.

26. Lindsey, D. 1965. Ecology of plant pathogens in soil. III. Competition between soil fungi. Phytopathology 55: 104-110.

27. Lloyd, A.B. & J.L. Lockwood. 1966. Lysis of fungal hyphae in soil and its possible relation to autolysis. Phytopathology 56: 595-602.

28. Lockwood, J.L. 1964. Soil fungistasis. Ann. Rev. Phytopathology 2: 341-362.

29. Marx, D.H. 1970. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. V. Resistance of mycorrhize to infection by vegetative mycelium of Phytophthora cinnamomi. Phytopathology 60: 1472-1473.

30. Maurer, C.L. & R. Baker. 1964. Ecology of plant pathogens in soil. I. Influence of chitin and lignin amendments on development of bean root rot. Phytopathology 54: 1425-1426.

31. Maurer, C.L. & R. Baker. 1965. Ecology of plant pathogens in soil. II. Influence of glucose, cellulose and inorganic nitrogen amendments on development of bean root rot. Phytopathology 55: 69-72.

32. McClure, T.T. 1951. Fusarium root rot of sweet potato sprouts. Phytopathology 41: 72-77.

33. Okabe, N. and M. Goto. 1963. Bacteriophages of Plant Pathogens. Ann. Rev. Phytopathol. 1: 397-418.

34. Papavizas, G.C. and J.A. Lewis. 1971. Effect of amendments and fungicides on Aphanomyces root rot of peas. Phytopathology, Vol. 61: 215-220.

35. Phillips, D.J., C. Leben & C.C. Allison. 1967. A mechanism for the reduction of Fusarium wilt by a Cephalosporium species. Phytopathology 57: 916-919.

36. Pon, D.S., C.E. Towsend, G.E. Wessman, C.G.S. Schmitt and C.H. Kingsolver. 1954. A Xanthomonas parasitic on uredia of cereal rusts Phytopathology 44: 707-710.

37. Rambo, G.W. and G.A. Bean. 1970. Survival and growth of mycoparasite Darluca filum. Phytopathology 60: 1436-1440.

38. Schnathorst, W.C. and D.E. Mathre. 1966. Cross protection in cotton with strains of Verticillium albo-atrum. Phytopathology 56: 1204-1209.

39. Schroth, M.N. & D.C. Hildebrand. 1964. Influence of plant exudates on root infecting fungi. Ann. Rev. Phytopathol. 2: 101-132.

40. Steiner, G.W. and J.L. Lockwood. 1970. Soil fungistasis: mechanism in sterilized, reinoculated soil. Phytopathology 60: 80-91.

41. Weindling, R. and H.S. Fawcett. 1936. Experiments in the control of Rhizoctonia damping off of citrus seedlings. Hilgardia 10: 1-16.

42. Weinke, K.E. 1962. The influence of nitrogen on the root disease of bean caused by Fusarium solani f. phaseoli. Phytopathology 52: 757.

43. Wilson, Charles L. 1969. Use of plant pathogens in weed control. Ann. Rev. Phytopathology 7: 411-434.

44. Zak, B. 1964. Role of mycorrhizae in root disease. Ann. Rev. Phytopathol. 2: 377-392.

45. Yarwood, C.E. and E.S. Sylvester. 1959. The half-life concept of longevity of plant pathogens. Pl. Dis. Reptr. 43: 125-128.

Referencias Adicionales

1. Backman, P.A. and R. Rodriguez-Kabana. 1975. A system for the growth and delevery of biological control agents to the soil. Phytopathology 65: 819-821.

2. Carling, D.E., M.F. Brown and D.F. Millikan. 1976. Ultraestructural examination of the Puccinia graminis - Darluca filum host - parasite relationship. Phytopathology 66: 419-422.

3. Fokkema, N.J. and J.W. Lorbeer. 1974. Interactions between Alternaria porri and the saprophytic mycoflora of onion leaves. Phytopathology 64: 1128-1133.

4. Fravel, D.R. and H.W. Spurr, Jr. 1977. Biocontrol of tobacco brown spot disease by Bacillus cereus subsp. mycoides in a controlled environment. Phytopathology 67: 930-932.

5. Guy, S.O., and R.Baker. 1977. Inoculum potential in relation to biological control of Fusarium wilt of peas. Phytopathology 67: 72-78.

6. Kelley, W.D. 1976. Evaluation of Trichoderma harzianum -impregnated clay granules as a biocontrol for Phytophthora cinnamomi causing damping-off of pine seedlings. Phytopathology 66: 1023-1027.

7. Kommedahl, T., and I. Chang Mew. 1975. Biocontrol of corn root infection in the field by seed treatment with antagonists. Phytopathology 65: 296-300.

8. Leben, C. 1975. Bacterial blight of soybean: seedling disease control. Phytopathology 65: 844-847.

9. Magyarosy, A.C., B.B. Buchanan, and J.E. Duffus. 1975. Protection of sugarbeet plants against development of rust disease by infection with Curly Top Agent. Phytopathology 65: 361-362.

10. Moody, A.R., and D. Gindrat. 1977. Biological control of cucumber black root rot by Gliocladium roseum. Phytopathology 67: 1159-1162.

11. Mower, R.L., W.C. Snyder and J.G. Hancock. 1975. Biological control of Ergot by Fusarium. Phytopathology 65: 5-10.

12. Parker, G.J. 1977. Viability tests for the biological control fungus Peniophora gigantea (Fr.) Mass. Eur. J. For Pathol. 7(4): 251-253.

13. Pottle, H.W., A.L. Shigo, and R.O. Blanchard. 1977. Biological control of wound hymenomycetes by Trichoderma harzianum. Plant Dis. Reptr. 61: 687-698.

14. Roy, K.W., and T.S. Abney. 1977. Antagonism between Cercospora kikuchii and other seed borne of soybeans. Phytopathology 67: 1062-1066.

15. Sleesman, J.P., and C. Leben. 1976. Microbial antagonists of Bipolaris maydis. Phytopathology 66: 1214-1218.

16. Spurr, H.W., Jr. 1977. Protective applications of conidia of nonpathogenic Alternaria sp. isolates for control of tobacco brown spot disease. Phytopathology 67: 128-132.

17. Stack, R.W. and W.A. Sinclair. 1975. Protection of Douglas- Fir seedlings against Fusarium root rot by a mycorrhizal fungus in the absence of mycorrhiza formation. Phytopathology 65: 468-472.

18. Thomson, S.V., M.N. Schroth, W.J. Moller and W.O. Reil. 1976. Efficacy of bactericides and saprophytic bacteria in reducing colonization and infection of pear flowers by Erwinia amylovora. Phytopathology 66: 1457-1459.

19. Wrather, J.A., J. Kuć and E.B. Williams. 1973. Protection of apple and pear fruit tissue against fireblight with nonpathogenic bacteria 63: 1075-1076.

Referencias adicionales

Patógeno y/o Enfermedad	Hospedante	Control Biológico
Heterobasidium annosum	Pino (tocones)	Peniophora gigantea
Fomes annosum	Pino (tocones)	Peniophora gigantea
Phytophthora cinnamomi, (Damping-off)	Pino (plántulas)	Trichoderma harzianum
Sclerotium rolfsii, Pudrición basal	Maní	Trichoderma harzianum
Fusarium oxysporum, Pudrición radicular	(Douglas-Fir) plántulas	Laccaria laccata
Erwinia amylovora (Fireblight)	Peral (flores)	Pseudomonas spp. Erwinia sp.
Erwinia amylovora (Fireblight)	Manzano, Peral (frutos)	E. amylovora, strain avirulento Pseudomonas tabaci
Alternaria alternata, Mancha foliar marrón	Tabaco	Aislamiento no patogénico de Alternaria
Alternaria alternata, Mancha foliar marrón	Tabaco	Bacillus cereus
Claviceps purpurea, Ergotismo (Cornezuelo)	Cereales	Fusarium roseum "Sambucinum"
Alternaria porri, Botrytis cinerea	Cebolla	Aureobasidium pullulans, Sporobolomyces roseus, Cladosporium herbarum

Patógeno y/o Enfermedad	Hospedante	Control Biológico
Phomopsis sclerotioides (Cucumber (black root rot)	Pepinillo	Gliocladium roseum
Uromyces betae, roya	Betarraga	Curly Top Agent
Pythium ultimum, Pythium debaryanum	Betarraga, plántula	Pythium oligandrum
Oidiosis	Trifolium pratense	Bean Yellow Mosaic Virus
Phytophthora infestans, Hielo	Papa	PVX, PVY
Macrophomina phaseolina	Papa	Bacillus subtidis
Botryodiploidia solani-tuberosi (Charcoal rot)		
Marchitez por Fusarium	Cajanus cajans	Virus
Diaporthe phaseolorum var.sojae	Soya	Cercospora kikuchii
Pseudomonas glycinea	Soya	Bacteria antagónica
Bipolaris maydis (Helminthosporium maydis)	Maíz	Bacteria, aislamiento AN771
Fusarium roseum 'Graminearum', Pudrición del tallo	Maíz	Bacillus subtilis, Chaetomium globosum

ROL DEL CONTROL NATURAL

Ing. Oscar Beingolea G.
Consultor FAO

Equilibrio o control natural y control biológico

En el largo proceso evolutivo la naturaleza ha desarrollado, en razón de su valor para la supervivencia de las especies, mecanismos que tienden a dar estabilidad a las poblaciones de especies de plantas y animales y a los ecosistemas en que ellas están integradas. Esta apreciación es conforme a la lógica y está en armonía con la teoría de la evolución, la más fecunda de las teorías biológicas.

La evolución es un proceso contínuo que implica cambios. Cambios significativos sólo se hacen perceptibles después de largos períodos de tiempo. Pero la naturaleza está sufriendo continuamente cambios en una escala menor. Dejando de lado los cambios a largo plazo, los cambios se realizan bajo la forma de la sucesión ecológica, es decir, cambios sucesionales en la vegetación, los cuales pueden coronar en una vegetación climax en un siglo o poco más. Juntamente con esta sucesión vegetal ocurren también cambios faunísticos, cada estado de la sucesión vegetal siendo acompañado por un complejo faunístico propio. Una vez alcanzado el climax éste puede durar indefinidamente hasta que un cambio básico de clima ocurra o algún grave accidente cambie las condiciones reinantes. Dentro del estado de clímax debemos esperar una mayor complejidad del ecosistema formado, un flujo más lento y económico de la energía y mayor estabilidad general de las poblaciones existentes.

Es también lógico que todos los factores implicados en el proceso evolutivo a largo plazo, y/o en cualquier cambio sucesional, participen en la creación de la homeostasis:

-Los factores legislativos (abióticos) o condicionantes del medio, porque ellos fueron marco y fuerza modeladora a la cual todas las formas de vida deben estar adaptadas;

-Los organismos autótrofos, constructores de la materia orgánica, porque ellos son la base para la vida de la comunidad animal y porque su desarrollo bajo las condiciones decretadas por el suelo, clima y tiempo, tiene que haber seguido esquemas evolucionarios adaptativos;

-Los consumidores primarios (animales herbívoros o fitófagos) que viven a expensas de las plantas, porque su sola existencia implica adaptación al ambiente físico y a sus plantas alimenticias, que forman ellas mismas un ambiente orgánico que representa alimento y abrigo contra las adversidades del clima y el tiempo, así como protección contra los enemigos naturales, para ellos mismos y para otros consumidores primarios. Al mismo tiempo estos consumidores primarios influyen sobre sus plantas alimenticias, a través de sus actividades de alimentación, secreciones, --- excreciones, etc., y también sobre los consumidores secundarios (predatores y parásitos) a los cuales proveen de alimento;

-Y finalmente los consumidores secundarios y de órdenes superiores (animales carnívoros: predatores y parásitos), cuya presencia presupone

adaptación al ambiente general físico y orgánico y a las presas a expensas de las cuales subsisten.

En el proceso evolutivo tiene valor para la supervivencia que el ecosistema alcance la máxima utilización de la energía y una transformación o flujo de esa energía tan lento y económico como sea posible. Los organismos de descomposición utilizan y transforman todo lo que queda como residuo del ecosistema para reincorporarlo a éste. Esta lenta y máxima utilización de la energía se alcanza a través de una creciente complejidad en los caminos que sigue su transformación dentro del ecosistema. Las interacciones que ocurren dentro de él no son independientes sino que más bien reflejan fluctuaciones inducidas por los factores legislativos (por ejemplo cambios estacionales en el tiempo y cambios climáticos a largo plazo), así como varios procesos gobernados por la densidad. Las especies fitófagas interaccionan con sus plantas alimenticias, determinando así su densidad y modo de distribución por las modificaciones de densidad y distribución inducidas sobre sus plantas alimenticias. Estas relaciones incluyen la destrucción local de sus alimentos por las especies fitófagas, con las consiguientes hambrunas y fluctuaciones violentas. Esta capacidad es la base del control biológico de malas hierbas. Los herbívoros ejercen mejor esta capacidad en ausencia de sus enemigos naturales: en efecto, la interacción predator-presa es capaz de impedir la destrucción de las plantas alimenticias y las fluctuaciones violentas en el número de los fitófagos. Esta interacción representa así una utilización de la energía menos agotante y una estabilidad mayor para el ecosistema.

Dentro de las variaciones del ambiente físico, estacionales, anuales o a largo plazo, condiciones favorables (a veces, por lo menos por un cierto período de tiempo, máximamente favorables) alternan con condiciones desfavorables (de nuevo, algunas veces y al menos por un período de tiempo, máximamente desfavorables), induciendo así fluctuaciones estacionales o anuales o de mayor término, en las especies fitófagas. También en este caso la interacción predator-presa influye para atenuar la violencia de las fluctuaciones inducidas por tales variaciones en el ambiente físico. Sin embargo, el clima puede actuar también en forma diferente sobre un fitófago y algun (os) enemigo(s) natural(es), favoreciendo al primero frente al(a los) segundo(s). Naturalmente es improbable que esta acción diferencial o selectiva del clima (probada experimentalmente) puede ocurrir en relación a todos los enemigos naturales importantes de una especie fitófaga, dado que, con toda probabilidad, distintas especies de predatores exhibirán distintos requerimientos ecológicos óptimos y distintos niveles de tolerancia a extremos de temperatura y humedad (valencia ecológica).

En general, la interacción predator-presa, como un proceso regulador de las poblaciones de consumidores primarios, previene el agotamiento de las plantas alimenticias por las formas fitófagas y modera las fluctuaciones inducidas por los cambios del clima y del tiempo. Por las razones expuestas las más altas poblaciones de un fitófago pueden bien no ocurrir en condiciones de ambiente que representan su óptimo ecológico, ya que si el clima es también favorable a los predatores estos pueden decretar lo contrario; por contra, las más altas poblaciones pueden corresponder

a condiciones de ambiente subóptimas para el fitófago, si ellas están aún más alejadas del óptimo de un enemigo natural eficiente, o si este es eliminado o reducido en su acción por algún nuevo componente del ambiente total (insecticidas, hiperparásitos).

El suplemento alimenticio, permanece como el elemento de control final, dependiente de la densidad, inmediatamente por encima de las enfermedades por microorganismos (virus, hongos, bacterias), en el esquema total del control natural.

Los predatores son regulados por disponibilidad de sus presas y así pueden ser influenciados por los refugios para éstas, su suplemento alimenticio y la favorabilidad climática, así como por su propia capacidad para encontrar y atrapar la presa. En esta capacidad influyen como factores inherentes las limitaciones impuestas por su propia respuesta funcional y numérica, las cuales dependen de sus propias capacidades predatoras y de su voltinismo y capacidad reproductiva en relación a las de su presa, dentro de su marco dado por las condiciones ambientales. Estas relaciones constituyen el fundamento del control biológico.

Estos mecanismos reguladores no excluyen el rol del ambiente físico en cuanto a determinar que áreas son habitables y en qué grado por las distintas especies de plantas y animales, determinando así, según el grado de favorabilidad total, "niveles primarios" de abundancia, los cuales deben ser considerados como "potenciales", ya que pueden ser cambiados radicalmente por la acción de predatores o por organismos patógenos. El nivel primario de abundancia corresponde a la máxima capacidad de sustentación del ambiente o al límite fijado por la máxima disponibilidad de alimentos o refugios, según cual sea el factor limitante (en suministro mínimo para la demanda), exclusión hecha de los límites que parásitos, predatores y patógenos pueden fijar. En resumen, los factores condicionantes o legislativos actúan conjuntamente con los factores dependientes de la densidad en la regulación de cualquier especie fitófaga, modificando espacial y temporalmente el nivel de los requisitos, lo que resulta en incrementos o decrecientes estacionales por estimulación o por acción puramente represiva; tal estimulación o represión siendo ejercida ya directamente a través de sus efectos sobre la fisiología y biología de las especies fitófagas, ya indirectamente a través de sus efectos sobre las fases fenológicas de las plantas alimenticias, o por determinar la abundancia o escasez de tales plantas; y, finalmente, favoreciendo o inhibiendo la actividad de los enemigos naturales, cuya actividad puede reducir en forma manifiesta los niveles primarios de abundancia. Presentamos 4 figuras cuyas leyendas explicativas pueden considerarse como parte de este texto y en las cuales se representan los mecanismos de control natural hipotéticos de insectos y mamíferos (Itô 1961: fig.1); un ejemplo de influencias de ambiente y de enemigos naturales sobre un insecto estudiado por el autor (Beingolea 1962, 1977: Fig. 2); una representación esquemática de la acción de todos los factores sobre la distribución y abundancia de una especie animal (hipotético) (Beingolea 1977: Fig. 3) y un ejemplo clásico de perturbación del equilibrio natural de un herbívoro por destrucción de sus enemigos naturales (Leopold 1943: Fig. 4).

Control biológico.

Estos postulados relativos al ambiente condicionador y el corolario que se deriva de ellos, de que algunos factores dependientes de la densidad (principalmente enemigos naturales y enfermedades) pueden prevenir la limitación del incremento de las poblaciones de las plagas por agotamiento de los víveres (con el consiguiente daño), son la base del control biológico de los insectos y malas hierbas. La corrección de esta tesis ha sido corroborada por numerosos éxitos en el control biológico de plagas y malas hierbas: más de 200 éxitos contra 110 plagas importantes en un listado que se considera incompleto (DeBach 1964).

Se señala a menudo que el número de éxitos es pequeño comparado con el número de plagas conocidas. Esto carece de consecuencia verdadera porque cuando se hacen tales afirmaciones se olvida:

1. Que en tales casos se consideran todos los artrópodos que atacan a las plantas cultivadas y sabemos que solamente unos pocos son de importancia económica real o primaria; la mayoría de las otras especies se encuentran bajo control natural por una hueste de enemigos cuya existencia y utilidad queda en evidencia por el surgimiento de tales especies fitófagas, que ellos destruyen, como plagas secundarias de importancia económica, solamente cuando se las desencadena como tales por el uso excesivo de pesticidas; en tales casos la gradación obedece a la destrucción de tales enemigos por las plaguicidas aplicados;

2. Que el tiempo, poderío humano y fondos aplicados a programas de control biológico se encuentran muy por debajo de los muchos millones de dólares dedicados al control químico y a la investigación relacionada con él.

Aunque el control biológico es en esencia el control natural que se ha descrito, en sentido estricto consiste solamente en la aplicación de estos principios, con miras a obtener el control de ciertas plagas por agentes naturales, control que pueda ser considerado, a la postre, como un control natural introducido a un ecosistema agrícola, es decir, un ecosistema no natural, creado por el hombre para servir a sus propias necesidades. Este control se logra mediante la introducción de consumidores secundarios (enemigos naturales) con el fin de impedir o reducir los daños causados por un consumidor primario (plaga), cuyo nivel promedio de densidad es reducido por los enemigos naturales a niveles inferiores a aquellos que significan daño económico. Entre estos consumidores secundarios sobresalen los himenópteros parásitos, en razón de ser dependientes de la densidad, ser económicos en su actividad reproductiva (1 presa basta para el desarrollo de 1 o más individuos del parásito) y por la movilidad de la hembra alada, factores que les dan una gran capacidad colectiva de búsqueda, lo que los hace capaces de controlar las poblaciones de su presa a bajas densidades. La mayoría de los éxitos en Control Biológico se relacionan con la introducción de himenópteros parásitos. Sin embargo, los predatores pueden ser y son también eficaces. Una proporción bastante buena de los éxitos en control biológico se relacionan con la introducción de predatores.

La especificidad en la relación con el huésped o presa es un atributo deseable, pero los predatores generalizados representan un factor de seguridad debido a sus propias características, opuestas a las de aquellos parásitos o predatores específicos: un predator generalizado no depende de una sola presa para vivir, el tanto que un predator o parásito específico si, lo que determina que cuando el huésped o presa escasea el predator o parásito específico disminuya hasta casi desaparecer y pueda tardar en aumentar cuando el huésped o presa aumente. Es aquí donde el predator generalizado (o el parásito no específico) pueden intervenir como factores de seguridad, ya que sobreviven a expensas de otras presas o huéspedes de alternativa y explotando el incremento de los fitófagos escapados temporalmente a la acción de predatores o parásitos específicos.

Aunque una secuencia o complejo de enemigos naturales puede no ser necesaria cuando existe un enemigo natural específico bien adaptado a su huésped, el cual puede ser enteramente eficiente, en general varios enemigos naturales son mejores que uno solo, debido a que la diversidad de sus requerimientos ecológicos y de su actividad estacional permite a un complejo de enemigos naturales cubrir mejor el mosaico ecológico en el tiempo y en el espacio.

La búsqueda de "nuevos" enemigos naturales eficientes no debería ser abandonada: la existencia probada de especies, razas y formas sibilimas de parásitos y predatores, con diferentes capacidades de regulación sobre sus huéspedes o presas, es un poderoso argumento sobre lo que puede ganarse a través de la búsqueda tenaz de "nuevos" enemigos naturales de plagas económicamente importantes.

Rol del Control Natural en los Ecosistemas Agrícolas

En los ecosistemas agrícolas, hechura humana, se excluye uno de los mecanismos del equilibrio natural o control natural descrito antes: la determinación de la distribución de las plantas alimenticias por las especies fitófagas mismas. Es lógico asumir que habrá casos en que será más difícil para los parásitos y predatores desempeñar con éxito sus roles en los ecosistemas agrícolas y que, algunas veces, no será suficiente introducir enemigos naturales, sino que será necesario aumentar sus números, creando condiciones favorables o por medio de su crianza masal y su liberación período.

En cada ecosistema agrícola la mayor parte de las numerosas especies fitófagas que viven en él están en equilibrio biológico y solamente unas pocas son plagas de importancia económica. Que las primeras están bajo regulación por sus enemigos naturales se evidencia cuando insecticidas utilizados contra alguna plaga de importancia las desencadenan como plagas secundarias, debido a la destrucción de sus controladores biológicos. En un caso, célebre en el Perú, un pegador de la hoja del algodonero (Argyrotaenia sphaleropa Meyrick), mantenido como especie rara por sus enemigos naturales, irrumpió en numeros enormes, después de que estos enemigos fueron destruídos por aplicación de insecticidas orgánicos de síntesis de amplio espectro. Casos similares han ocurrido en el Perú, en el mismo cultivo con Platynota sp. (cerca a P. rostrana Walk, Pseudoplusia -

rogationis Guen., Phenacoccus gossypii Townsend & Cockerell, Bemisia tuberculata Bondar y Eriophyes gossypii Banks (Beingolea 1974); y también en cítricos con Planococcus citri Risso, Coccus hesperidum L., Argyrotaenia y Panonychus citri McG. (Beingolea, Salazar y Murat 1969) y en olivo (Saissetia coffeae Walk., Saissetia oleae Bern.) (Beingolea, en preparación). En cuanto a las últimas, ellas son plagas de importancia económica, sea por la falta de enemigos naturales eficientes, sea porque el corto período vegetativo del cultivo no permite que se alcance un equilibrio o porque sus densidades de equilibrio son demasiado altas en relación con su capacidad relativa de causar daño; pues, para algunas especies, su modo de vida es tal que a muy bajas densidades son capaces de causar serios daños (plagas que dañan frutos o vectores de virus). Contra tales plagas, comunmente, el hombre tiene que recurrir al control químico.

El uso de pesticidas debe realizarse en conformidad con criterios ecológicos adecuados y como una parte de programas de control integrado. Aquí se trata ya de un tema que es la esencia misma de este curso y que es tratado en forma amplia por otros conferencistas del curso. Diré solamente - e insisto en otro lugar sobre lo mismo - que un programa de control integrado, será tanto más factible y sano cuanto mayor sea el componente de control natural.

Bibliografía

Andrewartha, H.G. y L.C. Birch. 1954. The distribution and abundance of Animals. The University of Chicago Press, Chicago 60647.

Beingolea G., Oscar; Juan Salazar T. e Ivan Murat A. 1969. La rehabilitación de un huerto de cítricos como ejemplo de la posibilidad de aplicar sistemas de control integrado de las plagas de los cítricos en el Perú. Rev. Per. Ent. 12 (1): 3-45, 1969.

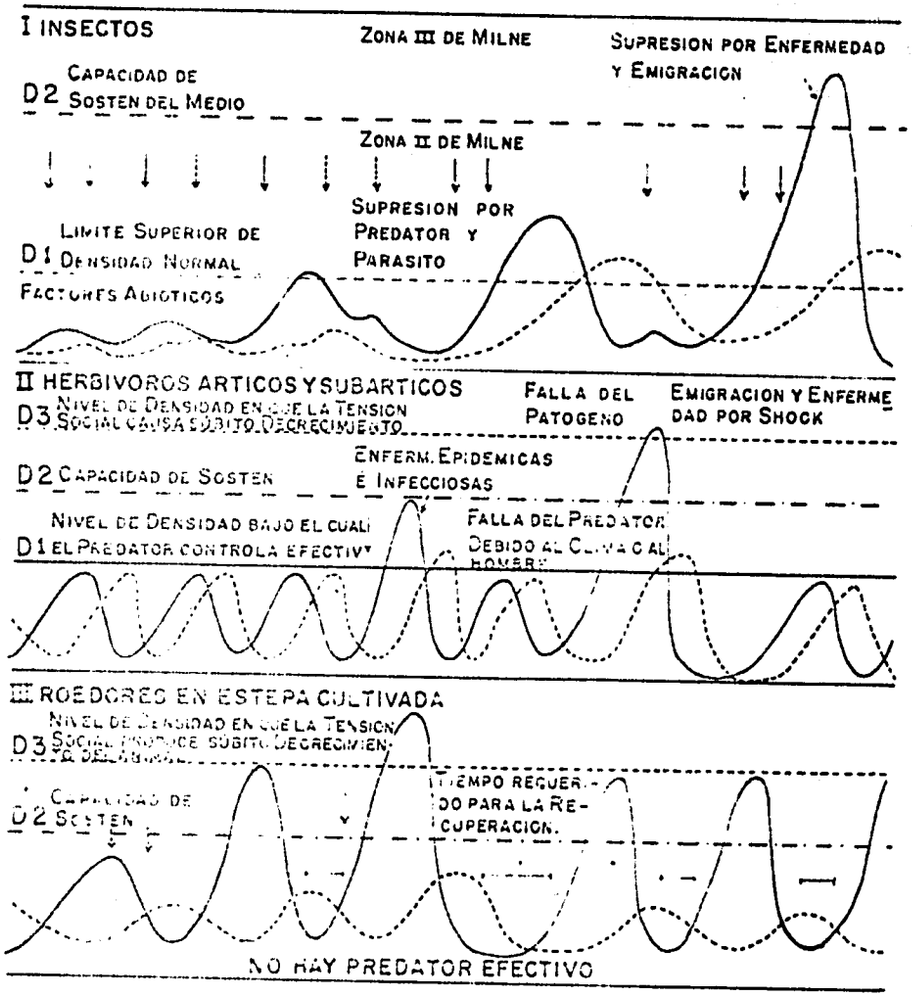
Beingolea G., Oscar. 1974. "Integrated Pest Control" (Latin America). En "Environment and Development". SCOPE Miscel. Publ.: Collected Papers, Summary Reports, and Recommendations: SCOPE/UNEP Sumposium on Environmental Sciences in Developing Countries. Nairobi, February 11/12, 1974 (Daniel M. Dworkin Edit.). Pág. 77-94.

----------,1977. Consideraciones sobre Control Biológico y Predación. Rev. Per. Ent., 20 (1): 33-48; Jun. 1977.

DeBach, Paul. 1964a- The Scope of Biological Control. En "Biological Control of Insect Pests and Weeds". (Edit. Paul DeBach, Reinhold Publish. Corp. New York).

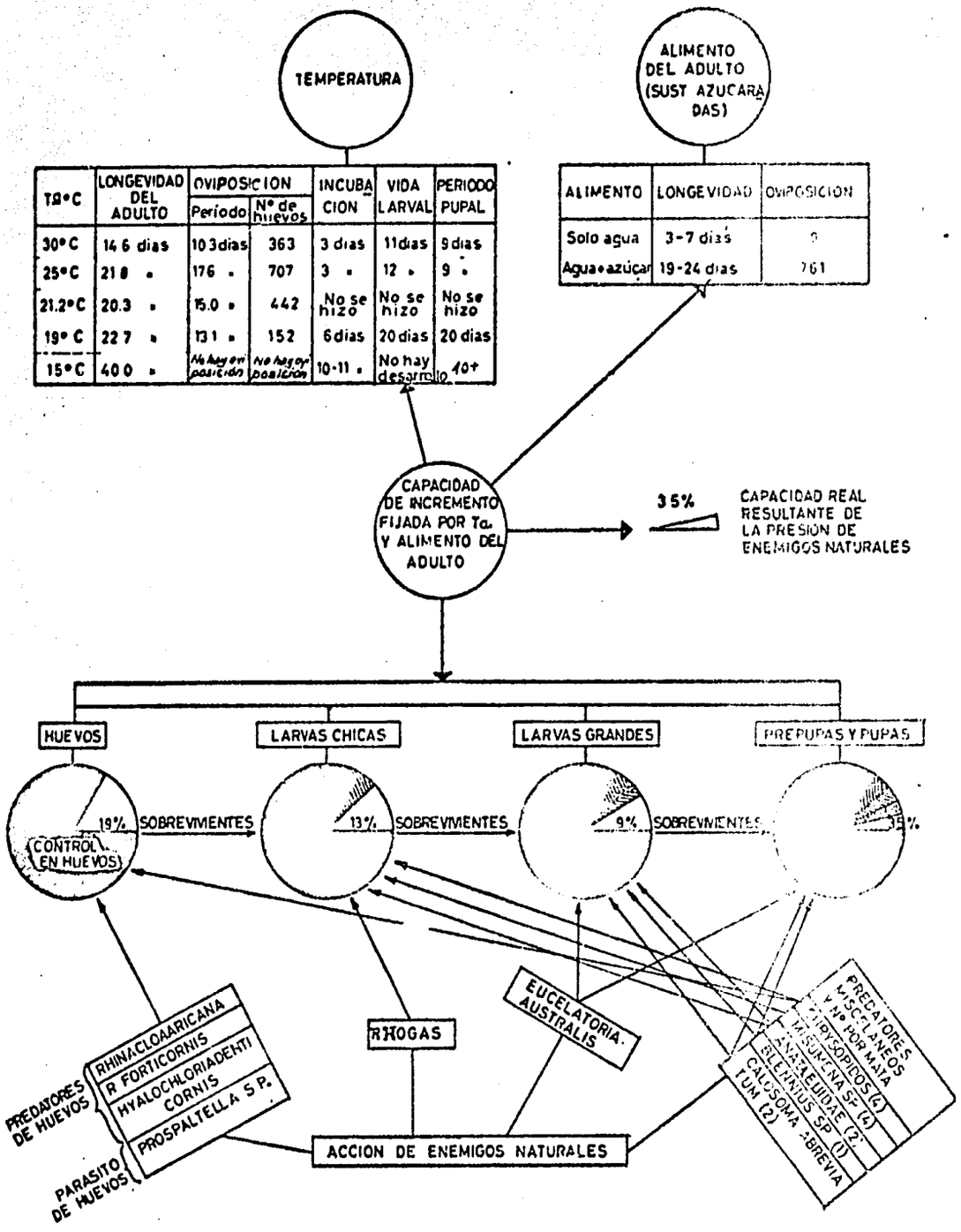
----------, 1964b- Successes, Trends, and Future Possibilities (of biological control). En "Biological Control of Insect Pests and Weeds" (Edit. Paul DeBach, Reinhold Publish, Corp. New York).

Itô, Yosioki. 1961. Factors that Affect the Fluctuations of Animal Numbers with Special Reference to Insect Outbreaks. Bull. Inst.Agr.Sci. Ser. "C" N°13, Nishigara, Tokio, Japan.



Mecanismos de Control Hipotéticos de Insectos y Mamíferos.

Fig. 1 "El factor clave que afecta la densidad, cambiará en relación al nivel de densidad del animal en cuestión." Las líneas sólidas indican cambios de la densidad de población del animal y las líneas quebradas indican la de los enemigos naturales específicos. Las flechas sólidas indican cambios climáticos que favorecen al animal y las flechas quebradas significan los cambios que reducen la densidad. (Tomado de Itó, 1961).



Ta°C	LONGEVIDAD DEL ADULTO	OVIPOSICION		INCUBACION	VIDA LARVAL	PERIODO PUPAL
		Período	N° de huevos			
30°C	14.6 días	10.3 días	363	3 días	11 días	9 días
25°C	21.8 "	17.6 "	707	3 "	12 "	9 "
21.2°C	20.3 "	15.0 "	442	No se hizo	No se hizo	No se hizo
19°C	22.7 "	13.1 "	152	6 días	20 días	20 días
15°C	40.0 "	No hay oviposición	No hay oviposición	10-11 "	No hay desarrollo	40+

ALIMENTO	LONGEVIDAD	OVIPOSICION
Solo agua	3-7 días	0
Agua+azúcar	19-24 días	761

FIG. 2 — Representación gráfica de la influencia de los más imprtantes factores ecológicos sobre las poblaciones de Anomis texana Riley, gusano de la hoja del algodonero. Los datos sobre la influencia de la temperatura y de las sustancias azucaradas como alimento del adulto, son fruto de estudios de laboratorio, bajo condiciones controladas. Los cálculos sobre la influencia de los enemigos naturales se basan en observaciones en cultivos de secas, en la hacienda San Lorenzo (Valle de Carabayllo) en la temporada 1961-62, en condiciones de no-tratamiento. Los cálculos son iniciados tomando como base la observación del destino de huevos en 10 plantas marcadas, en las cuales se eliminaron, en cada fecha de observacion, los huevos parasitados, chupados por hemipteros y eclosionados. Los datos sobre los estadios siguientes fueron corregidos en relación a los sobrevivientes del estadio anterior, es decir que los porcentajes estan referidos a 100 huevos originales. (Tomado de Boingolea 1962. "Factores Ecológicos y Poblaciones del Gusano de la Hoja del Algodonero, **Anomis texana Riley** (Lep. Noctuidae). Rev. Per. Ent. Agr. Vol. 5, Nº 1).

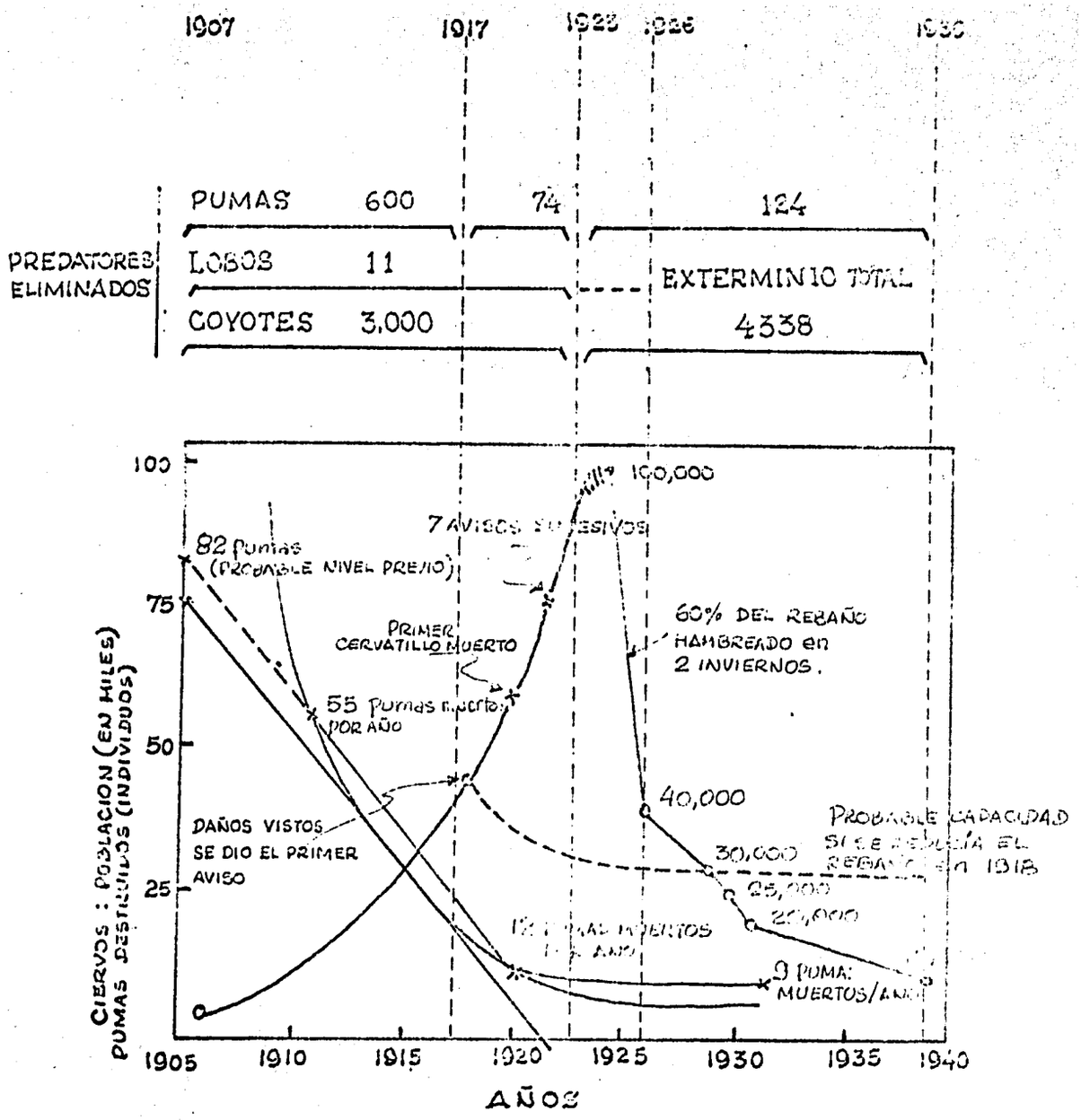


FIG. 7 Efecto de la eliminación de predatores sobre las poblaciones de ciervos en la meseta de Kaibab en Arizona (casi 150,000 Has.) seiscientos pumas eliminados en 1907-1917, 74 en 1918-1923 y 1924 en 1924-1930. Once lobos fueron eliminados en 1907-1923 y fueron exterminados para 1926. Tres mil coyotes fueron eliminados en 1907-1923 y 4338 entre 1924 y 1939 (Redibujado de Leopold 1943, por Allee y otros 1949). Adaptado para incluir información sobre la eliminación de predatores y la estimación del número original de pumas (ver texto).

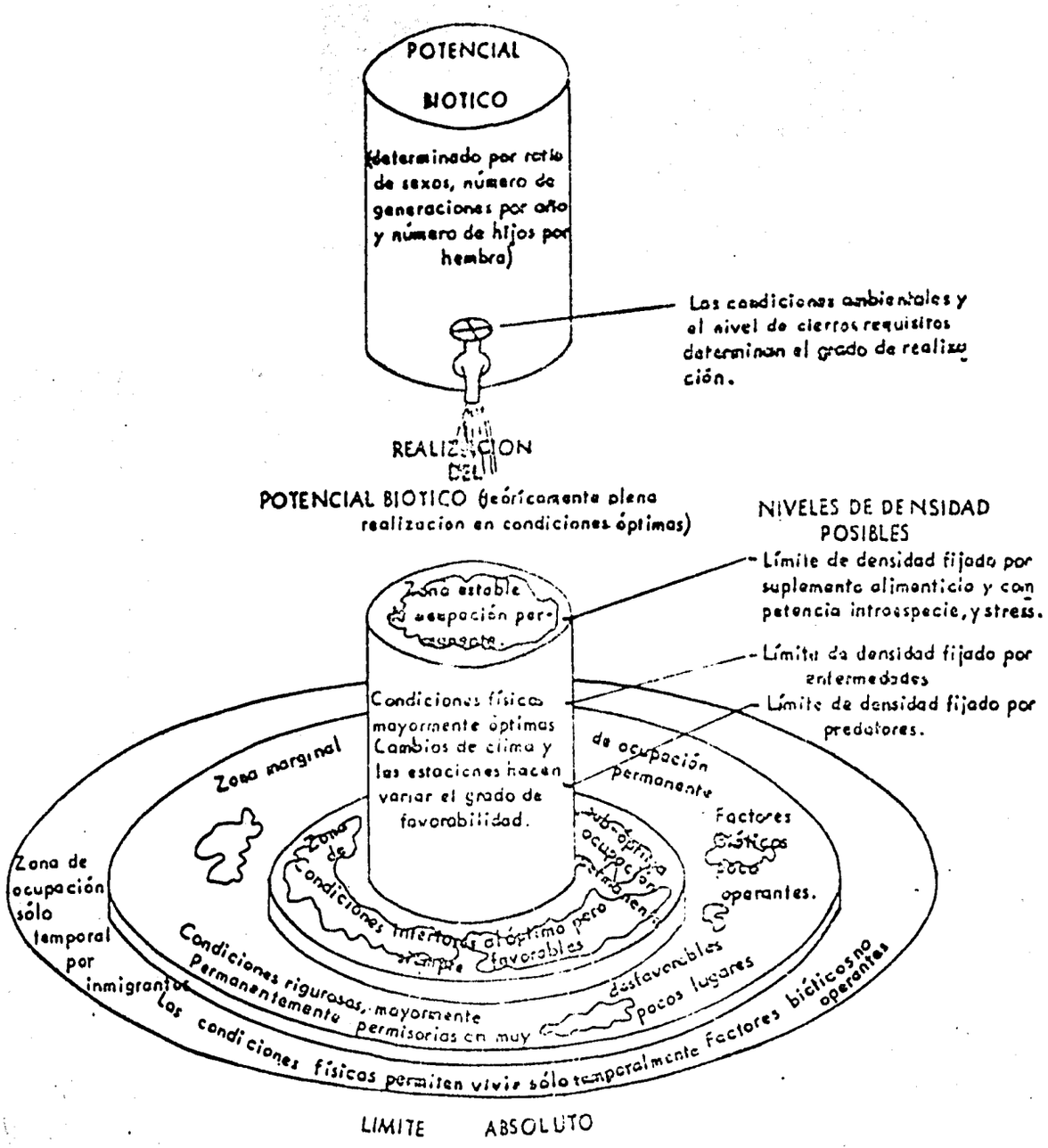


FIG. 5 — Representación esquemática de la forma en que se entiende que deben operar los distintos factores bióticos y abióticos, para determinar la distribución y los niveles de abundancia (densidad) de una especie en ambientes con diferente grado de adecuación a los requerimientos ecológicos de una especie y, por ende, con diferente capacidad de sustento. En la figura se integran ideas de Bodenheimer y otros sobre la influencia de la temperatura por Chapman sobre potencial biótico y de Southwood y Mercer (Dobzhansky y otros, 1964, fig. 5, pg. 120).

FUNDAMENTOS DE LA TECNICA DE INSECTOS ESTERILES

Ing. Juan Simón F.
Ministerio de Agricultura y Alimentación.

La técnica de insectos estériles, es un método fundamentalmente nuevo, que emplea el proceso reproductivo de los insectos en lograr su propia extinción. Sin entrar en los detalles de él, lo resumiremos indicando que éste consiste en criar por millones la especie plaga y al llegar a un determinado estado exponerlos, por un tiempo previamente determinado para cada especie, a la radiación ionizante, generalmente rayos X o rayos Gamma, proveniente de un isótopo radioactivo, o bien darles a comer, mezclado con el alimento, partes por millón de una sustancia esterilizante (tepa, metepa, afolat etc.) o asperjandola sobre el cuerpo.

Los adultos provenientes de esta cría sometidos a tal alimentación o tratamiento, son estériles aunque potentes y conservan todas sus propiedades biológicas, excepto la de reproducirse.

Este método ofrece, obviamente ventajas sobre las técnicas tradicionales que, como es sabido, están únicamente dirigidas a matar las generaciones vivientes de la plaga ya que, en primer lugar, es altamente selectiva, solo se entromete con la especie hacia la que se dirige el trabajo dejando el resto del sistema ecológico sin ser tocado; en segundo lugar las especies tratadas no pueden adquirir inmunidad a la esterilidad, como sucedió con los pesticidas y, finalmente, a la inversa de lo que sucede con los métodos tradicionales, en que unos pocos especímenes sobrevivientes, tienden a procrearse aceleradamente hasta convertir la especie nuevamente en plaga, la técnica de insectos estériles tiene la capacidad teórico-práctica de aumentar su eficiencia a medida que las poblaciones disminuyen, tal como ha sido demostrado con el Cochliomyia hominivorax (Coquerel) en Norteamérica y con la Mosca de la Fruta del Mediterráneo en Centro y Sud América y Europa.

El concepto de control mediante insectos estériles, está pues basado en el empleo de machos sexualmente estériles que buscan y copulan con las hembras normales en el medio ambiente, no resultando descendencia de la tal cópula ya que los huevos, caso de haberlos, no son viables. El hecho de que suceda tan simple no debe, sin embargo engañarnos, ya que la implementación de un programa de insectos estériles envuelve una amplia cantidad de investigación basada en estudios biológicos, ecología de campo, número de especímenes en base o relación con las estaciones, métodos prácticos de capturar o trampear las poblaciones como base para conocer la población real antes, durante y después de la introducción de insectos estériles, estudios de dosis de radiación necesarias para causar esterilidad sin disminuir apreciablemente la competencia con los machos normales, desarrollo de métodos de cría masal económicos, de métodos de liberación no dañinos a la especie y que permitan la fácil dispersión y encuentro con las hembras normales y en fin, la organización de equipos, materiales y hombres para cumplir los fines del ensayo en los laboratorios y en el campo.

A.W. Lindquist (1) ha resumido en los siguientes siete requisitos indispensables los requerimientos para que la técnica de Insectos Estériles tenga éxito:

1.- Que un sistema económico de criar insectos haya sido desarrollado, o al menos el sistema debe ser desarrollable a la luz de los conocimientos actuales.

2.- Que el insecto sea de un tipo tal que pueda dispersarse desde aviones o por otros medios, conservando los machos la habilidad de alcanzar y cubrir a la hembra, en competencia con los machos nativos.

3.- El proceso de esterilización (por rayas X, gamma o por esterilizantes químicos) no debe afectar adversamente la capacidad de apareo del macho, o afectarlo en cualquier otra forma que no sea la esterilización.

4.- La o las especies que se pretende controlar deben de estar en bajas poblaciones, o ser posible su reducción mediante el empleo de insecticidas y otros medios. Se puede tomar ventajas de las fluctuaciones estacionales.

5.- El área a ser tratada debe estar razonablemente protegida contra reinfestaciones, preferible aislada por agua, montañas, desiertos u otras barreras naturales o artificiales (cuarentena).

6.- Los machos que se liberen no deben ser peligrosos al hombre, animales o plantas. Si las hembras lo fueran (zancudos por ejemplo) un sistema de separación de sexos en forma mecánica debe estar disponible, para ser usado, antes de la liberación. Algún progreso se ha hecho, ya en la separación mecánica de pupas de hembra y machos de zancudos.

7.- Un conocimiento profundo de los hábitos y ecología de los insectos es esencial. Este incluirá:

a.- Número de generaciones por año.
b.- Duración de varios estadíos bajo diferentes estaciones
c.- La proporción de reproducción en condiciones naturales
d.- La distribución de la progenie (relación macho: hembra)
e.- Cuando y donde ocurre la cópula
f.- Población por unidad de superficie
g.- Otros factores.

Nosotros conocemos poco, poquisimo, dice Lindquist, con respecto a la incidencia de una peste por unidad de área. La mayoría de las evaluaciones de densidad de población son hechas sobre la base de rangos o proporciones de incidencia más que sobre números totales.

Una gran cantidad de investigación es necesaria, concluye Lindquist la que nos podría revelar que los números totales, especialmente a un ni'

vel bajo de incidencia anual, no son tan grandes como se supone; tal como sucedió, por ejemplo, con la mosca de la herida del ganado Cochliomyia hominivorax (Coq.) que fue originalmente evaluada en decenas de miles -- por milla cuadrada en Texas y que mediante una investigación en Ubalde, - Texas, en la década de 1930 se determinó, que ésta especie no pasaba de - una proporción mayor de 500 a 1000 por milla cuadrada (Lindquist, 1955).

Como vemos, con estos requerimientos esenciales para el éxito de la técnica de machos estériles, Lindquist, deja una vez más establecida la relación entre las dos partes de este curso.

-No se puede emplear la técnica sin conocimientos de crianza.
-No se puede emplear la técnica sin conocimientos, ni evaluación.

Bibliografía

(1) A.W. Lindquist, Insect Population Control by the Sterile-Male Technique, Technical Reports Series N 21. I.A.E.A., Vienna 1962.

FEROMONAS Y ATRAYENTES

Donald J. Calvert
Universidad de California - Berkeley

Introducción

El uso de productos químicos para impartir y transmitir información entre los individuos parece ser el método primario de transferencia de información en la mayoría de grupos de animales (Birch, 1974; Shorey, 1977 a). En los insectos, se ha observado por más de un siglo el fenómeno de las polillas machos que son atraídos por el olor de la hembra. Más recientemente, se ha descubierto una variedad de productos químicos en diferentes grupos de insectos, los cuales sirven para diversas funciones tales como la ubicación de la presa, el evitamiento de los predadores, la agrupación, el seguimiento de huellas y como una señal para sus compañeros de especie en momentos de peligro, La identificación de un gran número de estos productos químicos modificadores de conducta, especialmente las feromonas del sexo, ha tenido lugar durante la última década como resultado de los recientes avances tecnológicos en química microanalítica. El uso posible de estos productos químicos en programas de campo designados para el control de las especies económicas de plaga está soportando actualmente una investigación extensa en muchas partes del mundo.

Definiciones

Aún cuando se han aplicado un número de términos diferentes a las sustancias químicas que influyen en el comportamiento del insecto, la mayoría de investigadores ahora usan los términos feromonas, allomona y kairomona (Shorey, 1977b).

1. Una feromona es un producto químico o mezcla de productos químicos que son liberados por un organismo y que producen una respuesta en otro individuo de la misma especie. Los productos químicos pueden ser sintetizados de novo u obtenidos intactos por los organismos en sus alimentos u otros aspectos del ambiente.

2. Una allemona es un producto químico o mezcla de productos químicos que son liberados por un organismo y que producen una respuesta en un individuo de otra especie; la respuesta es favorable al emisor. Ejemplos de allomonas son las secreciones defensivas que liberan muchos insectos y que venenosas o repugnantes para los predadores atacantes. Las "substancias secundarias" de las plantas que sirven como mecanismos de defensa contra los animales e insectos herbívoros también son allomonas.

3. Una kairomona es un producto químico o mezcla de productos químicos que son liberados por un organismo y que produce una respuesta en un individuo de otra especie; la respuesta es favorable al receptor. El desarrollo original en el individuo liberador de sistemas para la producción y liberación de productos químicos presumiblemente ocurrió en respuesta a las presiones selectivas que favorecen al individuo liberador. Secundariamente, individuos de otras especies producen vetajosas respuestas a las mismas señales químicas, a menudo para desventaja del individuo liberador, por ejemplo, se ha descubierto que un creciente número de especies parásitas himenópteras están usando feromonas hospederas como estímulo oviposicional o de orientación.

Las respuestas inducidas por estas tres clases de productos químicos pueden ser reacciones inmediatas de comportamiento o cambios fisiológicos de larga duración. Los tipos de comportamiento inducido por estos productos químicos proporcionan una base para otro sistema de categorización (Dethier et al., 1960).

1. Un estimulante locomotor es un producto químico que causa reacciones kinésicas que, en ausencia de señales de orientación, a menudo causa que los animales se alejen de un área mediante un aumento de la velocidad de locomoción o afectando adecuadamente la proporción de giro.

2. Un paralizante es un producto químico que causa reacciones kinésicas que, en ausencia de señales de orientación, a menudo causa que los animales se reúnan cerca de la fuente del producto químico mediante una disminución de la velocidad de locomoción o afectando adecuadamente la proporción de giro.

3. Un atrayente es un producto químico que causa que los animales realicen movimientos orientados hacia su fuente.

4. Un repelente es un producto químico que causa que los animales realicen movimientos orientados alejándose de la fuente.

5. Un estimulante de alimentación, apareamiento y oviposición es un producto químico que estimula una de estas reacciones de comportamiento.

6. Un anulador de alimentación, apareamiento y oviposición es un producto químico que inhibe una de esta reacciones de comportamiento.

FEROMONAS

Las feromonas son substancias químicas secretadas por el sistema exocrino de los animales, las cuales causan una reacción específica en los individuos receptores de las mismas especies, por ejemplo, alarma, atración sexual, agrupación o marcado de huellas; pueden también causar cambios específicos en el desarrollo fisiológico, tales como determinación sexual o maduración en insectos sociales. Desde la identificación química de la feromona sexual del gusano de seda hembra, Bombyx mori (L.), (Butenandt et al., 1959), ha crecido rápidamente el conocimiento de las feromonas específicas en insectos. Estos productos químicos tienen una gran actividad biológica y, para su uso en el manejo de plagas, las feromonas sexuales que inician y controlan el comportamiento sexual parecen ser las más prometedoras (Metcalf and Metcalf, 1975).

Feromonas Sexuales.- Estos productos químicos están distribuídos ampliamente en los insectos y, solo en la lepidóptero, se han encontrado en más de 170 especies (Mac Connell and Silverstein, 1973). Sin embargo, tan sólo se han aislado e identificado las feromonas sexuales secretadas por la polilla hembra en 50 de estas especies que comprenden 30 tipos diferentes de compuestos identificados (Tamaki, 1977). Se ha comprobado que todos los compuestos son alifáticos; de los 30 productos químicos, 18 son acetatos; los restantes son hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas y otros (Tamaki, 1977). La diferencia entre el número de compuestos identificados (30) y el número de especies de las cuales estaban aislados (50) indica que muchos compuestos son utilizados como feromonas sexuales comunes por diferentes especies de insectos.

En la mayoría de los lepidópteros estudiados, las glándulas eversibles producen típicamente las feromonas sexuales en la terminalia del insecto hembra, aún cuando se ha encontrado que el macho en algunas especies produce una feromona sexual, por ejemplo, en la polilla mayor de la cera Galleria mellonella (L) y la mariposa monarca, Danaus plexippus (L).

Feromonas de alarma.- Estas substancias pueden ser producidas por las glándulas mandibulares, glándulas anales o el aguijón y tipicamente producen vuelo o agresión. El olor a fruta de una hormiga obrera Dolichoderine al ser aplastada es causado por la feromona de alarma, 2-methylheptanone. Cuando este producto químico es liberado, todas las obreras que se encuentran cerca adoptan un patrón de comportamiento confuso y errante

Feromonas de marcado de huellas.- Estas son sustancias químicas de baja persistencia producidas por termites, abejas y hormigas de forraje. La hormiga Formica rufa L., aparentemente usa ácido fórmico como marcador de huellas. Otras sustancias descritas como feromonas de marcado de huellas son el ácido hexanoico en las termites y citral en las abejas meliponine.

Feromonas de agrupación.- Estos son productos químicos o combinaciones químicas que causan que los insectos se agrupen o congreguen. La función de estas feromonas en la coleóptera es motivar la agrupación alrededor de una fuente alimenticia disponible, para mútua protección o para atraer a algunos machos. En este último caso, el producto químico también sería llamado una feromona sexual (Borden, 1977).

ATRAYENTES

Como lo hemos establecido anteriormente, un atrayente es un producto químico que hace que un animal realice movimientos orientados hacia su fuente. El atrayente puede funcionar para dirigir al insecto hacia un lugar adecuado para alimentarse, para controlar la selección de lugares para la oviposición en el caso de las hembras adultas o puede actuar para atraer a la pareja para el apareamiento. Existen dos grupos de sustancias químicas que sirven como atrayentes de insectos, aquellas de origen natural y aquellas de origen sintético.

Los atrayentes sintéticos fueron los primeros en estar disponibles en considerables cantidades y han sido usados mucho más que aquellos de origen natural. Ejemplos de atrayentes sintéticos de insectos son trimedlure, cuelure, methyl eugenol, butyl sorbate, ambure y heptyl butyrate (Barboza, 1972). Algunos de estos compuestos atraen solamente a los machos, otros atraen a ambos sexos, mientras que el último atrayente químico nombrado atrae a las hembras obreras de "yellow jackets".

RESPUESTAS DE COMPORTAMIENTO

Se acepta generalmente que las respuestas de comportamiento de los insectos ante mensajeros químicos ocurre en una secuencia de hechos conductuales genéticamente controlados. Los insectos demandados iran de un tipo de conducta a otro sólo cuando su condición interior fisiológica y los factores exteriores ambientales sea favorables. Las secuencias de orientación conductual incluyen la iniciación de la actividad locomotriz, movimiento dirigido y/o fortuito, y detención del movimiento.

La liberación de feromonas sexuales es un proceso complejo que está correlacionado con la maduración sexual de la hembra y con la intensidad de la luz y el fotoperíodo; por ejemplo, en la polilla nocturna, la liberación de feromonas sexuales ocurre tipicamente a una mínima intensidad de luz (Shorey et al., 1968). Una vez liberadas, la feromona sexual de la hembra es recibida por el sensil sensorial especializada que los machos tienen en sus antenas. Estos sensiles son sumamente sensitivas a las diminutas concentraciones de la feromona. Por ejemplo. en el gusano de seda B. mori, lo necesario para la respuesta del macho parece estar cerca de las 10,000 moléculas por centímetro cúbico de aire, así podemos indicar

que la entrada es aproximadamente una molécula de feromona por sitio del receptor de la antena (Law and Regnier, 1971).

El preciso mecanismo conductual comprendido, por medio del cual los insectos detectan, orientan y localizan una fuente de emisión de atrayente químico, todavía no está claramente entendido. En el caso de las feromonas sexuales femeninas, parece que la depolarización simultánea de varios receptores de antena es suficiente para obtener la respuesta de búsqueda del macho, la cual lo lleva con el viento hacia el olor emanado por la polilla hembra. La presencia del estímulo de la feromona hace que el macho exhiba una anemotaxis positiva y vuele con el viento hacia la fuente del olor. Dondequiera que el macho pierda el rumbo dentro de una región con una concentración de olor inferior a la necesaria, esta conducta anemotáctica cesa y se produce un vuelo zigzagueante y sin rumbo. Cuando el insecto encuentra el olor nuevamente, comienza su vuelo con el viento como antes (Kennedy, 1977). La concentración creciente de feromonas en la fuente, combinada con signos visuales parecen trabajar juntos para reducir la velocidad del aire de empuje del macho que responde y para estimularlo a aterrizar.

Con el aislamiento, identificación y prueba de un creciente número de feromonas sexuales, fue sumamente obvio que estaban comprendidos más de un producto químico en la mayoría de las especies examinadas (Bartell, 1977). En las pruebas de laboratorio y de campo, se comprobó que el uso de un compuesto a menudo no conseguía la atracción a ninguna concentración y que diferentes productos químicos en la secreción eran responsables al intervenir en los diferentes comportamientos. Las feromonas sexuales del tortrícido más pequeño del té, Adoxophyes fasciata Walsingham, y el tortrícido de fruta de verano, A. orana F.v.R., son mezclas de acetatos tetradecemyl cis-9- y cis-11-. Ninguno de estos compuestos obtuvieron actividad conductual cuando fueron presentados individualmente en un bioensayo de laboratorio y en pruebas de campo a cualquier especie. Para obtener una respuesta conductual evidente de los machos de ambas especies, se encontró que era esencial una mezcla de los dos componentes en una proporción específica, diferente para las dos especies (Tamaki, 1977).

Las respuestas conductuales inducidas por una feromona a menudo pueden ser inhibidas o reforzadas por ciertos compuestos añadidos a ella. Estos compuestos químicos modifican, bajo ciertas condiciones, la capacidad de respuesta de la polilla macho a los componentes de la feromona primaria y son llamados sinergistas o inhibidores, dependiendo de que la capacidad de respuesta del macho al estímulo sea mejorada o reducida por su presencia. Un producto químico particular puede ser un inhibidor cuando se presenta a una concentración, para luego actuar como un sinergista cuando se presenta a otra concentración, por ejemplo, la incorporación del producto químico, dodecyl acetato, con la feromona sexual de la polilla de la fruta de Oriente, Grapholitha molesta (Busck.), en una trampa o cuando es distribuído dentro de unos cuantos centímetros alrededor de una trampa, no logró atrapar ningún macho; pero cuando se regó la atmósfera con este compuesto, el número de machos que fueron

atrapados se llevó considerablemente sobre el nivel del número atrapado con feromona sola (Rothschild, 1974).

Uso de Atrayentes y Feromonas en el Manejo de Plagas

Los atrayentes y feromonas han sido usados en los programas de manejo de plagas de tres maneras principales:

(1) En programas de detección y encuestas, para evaluación y observación de las poblaciones de insectos de plaga.

(2) En programas de control directo mediante la atracción de las plagas hacia las trampas o cebos envenenados, y

(3) En programas designados para alterar la comunicación química normal de las especies de plagas.

Atrayentes para detección y encuesta.- Actualmente se usan trampas envenenadas en productos químicos modificadores de conducta a gran escala para evaluar y observar las poblaciones de plagas de insectos, Antes de usar la trampa con propósito de encuesta, es necesario considerar ciertos factores tales como diseño de la trampa, atracción química de la feromona y la proporción de feromonas a liberarse. La dimensión, forma y color de la trampa pueden ser de vital importancia ya que, en el acercamiento final a la fuente atrayente o feromona, un insecto puede responder a señales no químicas. La altura y ubicación de la trampa también puede influir sobre el número de insectos capturados.

La efectividad de una feromona en el campo depende mayormente de su pureza y estabilidad. También es importante la proporción y medios de la feromona a ser liberada. Ya que la feromona necesita estar presente a la concentración correcta para inducir la respuesta deseada, es muy importante la elección de un substrato con la proporción óptima de liberación (Gastón et al., 1971) Actualmente se usan las feromonas principalmente como instrumentos de encuesta para evaluar y observar las poblaciones para los siguientes propósitos:

1.- Para escoger la ocasión apropiada para rociar el pesticida.
2.- Para ubicar, las fuentes de infestación de áreas de invernación,
3.- Para detectar la cercanía de una nueva plaga.
4.- Para determinar si se necesita, de hecho, el pesticida.

Los atrayentes colocados en trampas se han usado por varias décadas para evaluar y observar a las especies de plagas. Por ejemplo, las trampas envenenadas engenol y productos químicos parecidos se han usado por

muchos años para detectar la expansión de especies introducidas de plagas tal como el escarabajo japonés y el Europeo. Las trampas atrayentes han sido especialmente útiles en la detección temprana de la introducción de varias especies de la mosca de la fruta y son parte esencial de las medidas de cuarentena contra estas plagas.

Atrayentes en programas de control directo.- Cuando son usados para control directo, el método de trampas debe remover a una cantidad suficiente de la plaga para causar una reducción en la población de la generación siguiente. Estas técnicas de captura masiva estan designadas para atraer los insectos a las trampas y entonces matarlos o neutralizarlos antes de que tengan la oportunidad de reproducirse. Ya que estas trampas deben competir con los atractivos machos y hembras de la población silvestre, deben hacerse estudios amplios sobre los factores que influyen en las capturas con trampas.

El alcance de la captura masiva, usando trampas envenenadas con feromonas sexuales femeninas o atrayentes, es llamado a menudo la técnica de annihilación masculina. Una evaluación de los resultados preliminares del uso de este método contra un número de especies de polilla ha mostrado que puede ser útil para evitar que las poblaciones de plaga aumenten si ellas están ya a un nivel muy bajo; sin embargo, se alcanzó un pequeño éxito contra las infestaciones que ya estaban a un nivel de daño (Shorey, 1977 c).

En contraste, la técnica de annihilación técnica masculina ha sido usada exitosamente para erradicar algunas especies de la mosca de la fruta. La mosca oriental de la fruta, Dacus dorsalis Hendel, fué erradicada de una pequeña isla en el grupo de las Marianas dejando caer cuadrados de fibra de madera impregnados con 28 gr. de una mezcla de 3% de insecticida Naled y 97% de methyl eugenol, a la proporción de 125/mi^2 o 3.4 gr Naled por acre (Steiner et al., 1965). La erradicación de la mosca meditarránea de la fruta, Ceratitis capitata (Wiedemann), de Florida en 1956 fue conseguida usando rociadas de trigo, proteína y malathion aplicado a 1.2 libras de tóxico por acre, como cebo. Algunas especies de la mosca de la fruta, incluyendo la mosca Mediterránea de la fruta, han sido detectadas en Texas, California y Florida desde 1956 y mediante el uso de potentes atrayentes y rociadas de cebo, estas incipientes infestaciones fueron erradicadas rápidamente.

Atrayentes en la alteración de la Comunicación.- La gran mayoría de investigaciones con la aplicación de esta técnica han sido conducidas con las feromonas sexuales liberadas por las polillas femeninas antes del apareamiento. El uso de este procedimiento descansa sobre la teoría de que el riego de la atmósfera con feromona sintética en todas las áreas donde la comunicación prévia al apareamiento es probable que ocurra, prevendría a los machos de la localización o respuesta a las feromonas producidas por las hembras. Este método es conocido a menudo como la técnica de la "confusión masculina".

Los mecanismos conductuales que alteran la comunicación no están bien entendidos. La prueba evidente indica que están comprendidos tres factores: adaptación sensorial, habituación del sistema nervioso central y "confusión" (Shorey, 1977c). La adaptación sensorial de las neuronas sensoriales olfatorias en las antenas del macho es causa de que el insecto ya no detecte ni la feromona natural ni la sintética si ha sido expuesto a una concentración constante del olor por algún tiempo. Los límites para la percepción son cambiados y los receptores sensoriales pronto dejan de reportar al sistema nervioso central que el olor está presente. Las neuronas sensoriales, una vez más, reportan la presencia del olor si la concentración de la feromona aumentó a un nivel más alto, o si fue ligeramente reducida a un nivel más bajo y luego de vuelta al nivel anterior. La pérdida de percepción de la feromona mediante la adaptación sensorial es un fenómeno muy transitorio y la sensibilidad original es recuperada rapidamente si el olor desaparece totalmente.

La habituación es similar, en principio, a la adaptación sensorial, excepto que el fenómeno ocurre dentro del sistema nervioso central. Si respuestas prematuras a un estímulo no llevan a un resultado correcto, entonces el insecto se convertiría en menos respondedor o dejaría de responder cuando estuviera expuesto al estímulo nuevamente. Los estudios de laboratorio han mostrado que, aún una breve exposición a la feromona sexual podría resultar en habituación, de modo que la tendencia del macho a responder cuando está expuesto nuevamente es fuertemente reducida por muchos minutos u horas (Bartell y Roelofs, 1973).

La "confusión" es un resultado directo de la competencia entre la feromona liberada por las fuentes sintéticas y la feromona idéntica normalmente liberada por los insectos mismos en el campo. Si el número de fuentes sintéticas excede mucho al número de insectos liberadores de la feromona natural, o si los fuentes liberan mucha más feromona que los insectos naturales, entonces los insectos que responden, si no están adaptados o habituados, es más probable que se acerquen a las fuentes sintéticas. Este factor comprende una competencia directa en relación con la cantidad de lugares y feromonas liberadas entre las fuentes sintéticas y los insectos liberadores de feromona natural.

Casi todas las investigaciones de feromonas como agentes de control de plagas se han conducido desde 1970. La mayoría de los estudios fueron conducidos en parcelas que contenían substratos tratados con feromonas, cuyo olor se evaporaba en el aire. La acción alterada de la feromona fue determinada mediante la valoración de la habilidad de la polilla macho para localizar las hembras usadas como cebo en las trampas colocadas en las áreas tratadas, mientras son comparadas con las trampas similares en áreas similares no tratadas.

La primera demostración de la factibilidad del enfoque alterador fue realizada por Gastón et al. (1967) quien encontró que los machos del gusano medidor de la col (repollo) fueron convertidos en incapaces de localizar la hembra liberadora de feromonas usadas como cebo en las trampas localizadas en el centro de parcelas de 0.1 hectárea donde 100

evaporadores separados por 3 metros estuvieron liberando feromonas sintéticas al aire a una proporción de 700 mg/Ha/noche. Desde esa época, se ha demostrado la alteración de comunicación de la feromona sexual mediante el riego atmosférico con feromonas sintéticas en algunas otras especies de polilla, por ejemplo, el gusano rosado y la polilla gitana.

Los primeros experimentos con la feromona sexual de la polilla gitana, "disparlure", mostraron que la alteración del apareamiento en estas especies era posible. Después de que se dejó caer del aeroplano los papeles tratados con "disparlure", a una proporción de 50 mg de la feromona en 1,250 papeles/hectárea, las polillas machos fueron incapaces de localizar a las hembras usadas como cebos en las trampas (Beroza and Knipling, 1972). Los experimentos posteriores usaron una formulación en microcápsulas de la feromona. A proporciones de aplicación de "disparlure" variando de 2 a 15 gr/ha, algunas formulaciones proporcionaron reducciones mayores del 99% en la habilidad de los machos para localizar a las hembras usadas como cebo en las trampas por períodos mayores a 6 semanas después de la fecha de tratamiento. Beroza et al. (1974) estiman que dos aplicaciones de "disparlure" en micro-cápsulas, con cada aplicación de al menos 7.5 gr. de la feromona por hectárea y aplicaciones cada 2.5 semanas, pueden proporcionar un control efectivo de la polilla gitana a un costo menor que aquel con tratamientos de insecticida convencional.

Conclusión

El uso de productos químicos modificadores de conducta como recursos de detección y han demostrado su importancia en el manejo general de ciertas plagas de insectos. Hace muy poco tiempo que se ha presentado un problema más difícil en la utilización de estos productos químicos para el control directo de las poblaciones de plaga. Los investigadores en esta área han establecido repetidamente que la clave en el desarrollo de sistemas prácticas de manejo de plagas con feromonas reside en la adquisición de un conocimiento íntimo del comportamiento normal del insecto ante estos productos químicos. La tendencia a evitar o ignorar los estudios que podrían dar esta información por parte de los investigadores, puede explicar por qué las feromonas no se han desarrollado más rapidamente hacia su uso como una medida práctica de control.

Literatura Citada

Bartell, R.J. Behavioral responses of lepidoptera to pheromones. In Chemical Control of Insect Behavior: Theory and Applications. H.H. Shorey and John J. McKelvey, Jr., eds. New York: John Wiley Sons. 414 pp.

Bartell, F.J. and W.L. Roelofs. 1973. Inhibition of sexual response in males of the moth, Argyrotaenia velutinana by brief exposures to synthetic pheromone or its geometrical isomer. J. Insect Physiol. 19: 655-661.

Beroza, M. 1972. Attractants and repellents for insect pest control. In Pest Control strategies for the future. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

Beroza, M., C.S. Hood, D. Trefrey, D.E. Leonard, E.F. Knipling, W. Klassen, and L.J. Stevens. 1974. Large field trial with microencapsulated sex pheromone to prevent mating of the gypsy moth. J. Econ. Entomol. 67: 659-664.

Beroza, M. and E.F. Knipling. 1972. Gypsy moth control with the sex attractant pheromone. Science 177: 19-27.

Birch, M.C. 1974. Pheromones. American Elsevier, New York. 495 pp.

Borden, J.H. 1977. Behavioral responses of Coleoptera to pheromones, allomones, and kairomones. In Chemical Control of Insect Behavior: Theory and Applications. H.H. Shorey and John J. McKelvey, Jr., eds., John Wiley and Sons, New York. 414 pp.

Butenandt, A., R. Beckman, D. Stamm, and E. Hecker. 1959. Uber den Sexuallockstoff des Seiden-spinners Bombyx mori. Reindarstellung und Konstitution. Z. Naturforsch. B14: 283-284.

Dethier, V.G., L. Barton Brown and C.N. Smith. 1960. The designation of chemicals in terms of the responses they elicit from insects. J. Econ. Entomol. 53: 134-136.

Gastón, L.K., H.H. Shorey and S.A. Saario. 1967. Insect populations control by the use of sex pheromones to inhibit orientation between the sexes. Nature 213: 1155.

_____. 1971. Sex pheromones of noctuid moths. XVIII. Rate of evaporation of a model compound of Trichoplusia ni sex pheromone from different substrates at various temperatures and its application to insect orientation. Ann. Entomol. Soc. Amerc. 64: 381-384.

Kennedy, J.S. 1977. Olfactory responses to distant plants and other odor sources. In Chemical Control of Insect Behaviour: Theory and Application. H.H. Shorey and John J. McKelvey, Jr., eds. John Wiley and Sons, New York. 414 p.

Law, J.H. and F.E. Regnier. 1971. Pheromones, Annu. Rev. Biochem. 40: 533-548.

MacConnell, J.G. and R.M. Silverstein. 1973. Recent results in insect pheromone chemistry. Angew Chem., Int. Ed. 12: 644-654.

Metcalf, R.L. and R.A. Metcalf. 1975. Attractants, Repellents, and Genetic Control in Pest Management. In Introductions to Insect Pest Management. Robert L. Metcalf and William Luckmann, eds. John Wiley and Sons, New York. 587 pp.

Rothschild, G.H.L. 1974. Problems in defining synergists and inhibitors of the oriental fruit month pheromone by field experimentation. Entomol. Exp. and Appl. 17: 294-304.

Shorey, H.H. 1977a. Pheromones. In How Animals Communicate. T.A. Sebeok, ed. Indiana University Press, Bloomington.

_____. 1977b. Interaction of insect with their chemicel environment. In Chemical control of insect behavior: Theory and Application. H.H. Shorey and John J. Mc Kelvey, Jr. eds. John Willey and Sons, New York. 414 pp.

_____. 1977c. Manipulation of insect pests of agricultural crops. In Chemical Control of Insect Behavior: Theory and Application. H.H. Shorey and John J. McKelvey, Jr., eds. John Wiley and Sons. New York. 414 pp.

Shorey, H.H., L.K.Gaston and R.N. Jefferson. 1968. Insect sex pheromones In Advances in pest control research. R.L. Metcalf ed. Vol. VIII. Wiley_Interscience, New York.

Steiner, L.F., W.C. Mitchell, E.J. Harris, T.T. Kozuma and M.S. Fujimoto. 1965. Oriental fruit fly erradication by male annihilation. J. Econ. Entomol. 58: 961-964.

Tamaki, Yoshio. 1977. Complexity, Diversity and Specificity of Behavior-Modifying Chemicals in Lepidoptera and Diptera. In Chemical Control of Insect Behavior: Theory and Application. H.H. Shorey and John J. McKelvey, Jr. eds. John Wiley and Sons, New York.

DIAGNOSIS

Dra. Teresa Ames de Icochea
Universidad Nacional Agraria
La Molina

La diagnosis tiene por objeto determinar la enfermedad a partir de los signos y síntomas que presenta la planta afectada. Analizando simplemente la sintomatología es posible tipificar algunas enfermedades de cuadro clínico o síndrome muy definido En otros casos los síntomas conjuntamente con el signo permiten la identificación de ciertas enfermedades en forma precisa, especialmente aquellas en las que el signo puede observarse a simple vista por ejem. las royas, carbones, mildius, oidiosis, etc., en las que las diagnosis se realiza por ciertas particularidades macroscópicas del patógeno, pero indudablemente que para muchas enfermedades es necesario hacer uso de métodos sofisticados con el objeto de identificar al agente causal.

En términos generales 3 son los pasos principales a seguirse para la diagnosis de las enfermedades:

1) Reconocer la identidad de la planta hospedante
2) Revisar la bibliografía relacionada, y
3) Identificar la causa.

El conocimiento de la identidad del hospedero es muy importante ya que un número crecido de patógenos muestran especialización en cuanto a sus requerimientos nutricionales y sólo son capaces de atacar a determinadas especies botánicas.

La bibliografía orienta en el sentido de asociar efecto con causa, muchas enfermedades han sido estudiadas en detalle y por lo tanto es posible encontrar información que permita aplicar ya sea métodos específicos de diagnóstico o técnicas necesarias para ser usadas en el manipuleo de un patógeno determinado. Existe también información en la forma de listas o índices en los que se consideran al hospedero, patógeno y nombre de la enfermedad, este último generalmente es indicativo de los síntomas.

La identificación del patógeno es sumamente necesaria para el diagnóstico de la enfermedad y puede llevarse a cabo por observación directa en los casos más simples, con la ayuda del microscopio o utilizando métodos de aislamiento y cultivo en el laboratorio.

Con el objeto de racionalizar y simplificar el tema que de por si es bastante complejo, se darán a conocer los métodos sencillos para la identificación de los grupos de patógenos más comunes.

Enfermedades bacterianas

Es posible diferenciar una enfermedad bacteriana de las causadas por otros grupos de agentes patógenos; por ejemplo, en el caso de algunas bacterias con sólo tomar una porción del órgano afectado (tallo, tubérculo, rizoma, etc.) y comprimirlo entre los dedos, se observa el flujo bacteriano proveniente de los haces vasculares en la forma de gotitas de color cremoso o amarillento.

Siempre que se sospeche de ataque bacteriano se corta una porción de aproximadamente 1 cm. de la parte de la planta que presenta síntomas, se inserta en el extremo de una aguja de laboratorio y se sumerge en un recipiente de vidrio (tubo de prueba o vaso) con agua quieta, al cabo de un tiempo corto se nota el flujo bacteriano en forma de hilos lechosos que enturbian el agua y precipitan hacia el fondo debido a su mayor densidad. Este flujo bacteriano está constituído por una gran masa de células bacterianas que se mantienen por algún tiempo unidas dentro del agua debido a la presencia de una sustancia mucilaginosa que las aglutina. Hasta ese punto ya se puede afirmar que la infección puede ser de origen bacteriano. La caracterización de la bacteria se realizará posteriormente aislándola y cultivándola en medios artificiales apropiados y pasándola por las pruebas conocidas como son su capacidad de producir gas, licuefacción del almidón y gelatina y otras de caracter más específico.

Enfermedades fungosas

Entre las enfermedades fungosas hay algunas que pueden ser detectadas a simple vista en su contexto general, por que presentan características que son inconfundibles y solamente para la especiación del patógeno habrá que recurrir al uso de listas de enfermedades y de claves de identificación. Entre estas figuran:

1. Los mildius causados por hongos del Orden Peronosporales, que se hacen evidentes en la cara inferior de las hojas, en peciolos y tallos, como un afelpamiento constituído por esporangios y esporangióforos los que de acuerdo a la especie presentan forma y tipo de ramificación definidos. En la cara superior de la hoja, en la zona correspondiente, se observa clorosis o necrosis. Si además se puede observar microscópicamente un corte de esta zona, es posible ver el micelio del hongo en los espacios intercelulares del parenquima y haustorios nudosos dentro de las células. Entre los géneros patógenos de plantas mas comunes podemos citar los géneros Peronospora, Plasmopara, Sclerospora, Pseudoperonospora y Bremia. En el género Phytophthora, la especie P. infestans produce mildiu especialmente en Solanaceas.

2. Oidiosis o mildiu polvoriento es provocado por hongos del Orden Erysiphales y se presenta en la forma de pulverulencia blanco plomiza de preferencia en la cara superior de las hojas, aunque puede en casos extremos abarcar toda la parte aérea de plantas herbaceas incluyendo tallos y peciolos. La pulverulencia a que se hace mención está constituída por conidióforos cortos que sostienen gran cantidad de conidias en cadena.

El patógeno se desarrolla casi superficialmente pues solo penetra las células epidérmica, (salvo algunas excepciones) donde se pueden observar haustorios bien ramificados. Eventualmente bajo condiciones especiales de medio ambiente y estado de desarrollo de la planta se pueden observar los cleistotecios o estructuras de origen sexual, que son generalmente de forma redondeada y estan provistas de apéndices que tiene forma y disposición características del género. Al presionar estas estructuras es posible observar al microscopio las ascas y ascosporas. Los géneros mas comunes causantes de Oidiosis son Erysiphe, Sphaerotheca, Podosphaera y Uncinula pero la mayoría de ellos se presenta en su forma prevalente asexual de Oidium sp.

3. Las royas son causadas por hongos del Orden Uredinales, atacan a un sinnúmero de especies vegetales en las que forman pústulas de color herrumbre, anaranjado, amarillo o negro de acuerdo a la fase en que se encuentran. Las pústulas estan constituídas por una gran cantidad de esporas que se forman internamente y luego por presión rompen la epidermis del hospedero y emergen hacia la superficie. Los Uredinales son hongos que tienen una biología muy especial pues durante su ciclo de vida pasan por las fases diferentes de pycnia, aecia, uredo, telia y basidia. En algunas royas las distintas fases se realizan en una misma especie vegetal pero otras requieren de un hospedero alternante. También sucede que algunas especies no llegan a formar todas sus fases. Entre los géneros más comunes tenemos: Puccinia, Uromyces, Melampsora.

4. Carbones son causados por hongos del Orden Ustilaginales que se desarrollan especialmente en los órganos aéreos de la planta formando bolsas llenas de un polvillo de color negro, que está constituído por gran número de esporas y fragmentos de micelio. En las gramíneas estas bolsas carbonosas se forman generalmente en los granos, donde reemplazan al almidón de la semilla. Los géneros más importantes son: Ustilago, Tilletia, Sphacelotheca y Tecaphora.

Para las enfermedades que causan manchas foliares, pudrición radicular, taponamiento vascular, etc. es necesario hacer aislamiento del patógeno, cultivándolo en el laboratorio y después de verificar su patogenicidad se procede a su identificación utilizando las claves apropiadas.

En el caso de hongos patógenos ya conocidos haciendo un raspado de la zona afectada y observandolo al microscopio puede ser suficiente para determinar el agente causal.

Enfermedades virósicas

Algunos síntomas provocados por virus pueden ser facilmente confundidos con los producidos por causas abióticas. Generalmente las plantas atacadas por virus muestran clorosis en sus diferentes formas de mosaico, bandeamiento, estrías cloróticas, anillos cloróticos, etc.

En virus transmisibles mecanicamente la identificación del mismo puede realizarse utilizando plantas indicadoras. El procedimiento es sencillo y consiste en extraer el jugo de la planta enferma triturando porciones de hojas que presenten síntomas, luego las plantas indicadoras que van a ser inoculadas con este jugo por frotamiento son ligeramente heridas por fricción con carborundum. Los síntomas en las plantas indicadoras se manifiestan después de algunos días y la identidad del virus se define de acuerdo al tipo de respuesta en las plantas mencionadas. También es posible caracterizar algunos virus por sus constantes biológicas de punto de inactivación térmica, su longevidad in vitro y su punto final de dilución; los valores obtenidos pueden ser los conocidos que tipifican a un determinado virus.

Otra forma de caracterizar los virus es por métodos serológicos, si bien este procedimiento es tedioso, existe la posibilidad de conseguir a nivel internacional antisueros ya preparados, con lo cual se simplifica el trabajo. La determinación del virus por este método consiste en extraer el jugo de las plantas enfermas, y ponerlo en contacto con el antisuero ya sea directamente o a través de un gel. Si el antisuero es del tipo del virus en cuestión hay una reacción positiva o reacción de precipitación.

Existe además muchos otros métodos sofisticados para la identificación de los virus incluyendo el empleo del microscopio electrónico, por medio del cual se puede llegar a conocer la forma, tamaño y disposición de las partículas virales dentro de las células.

Enfermedades abióticas

El diagnóstico de estas enfermedades es generalmente bastante complicado por que pueden entrar en juego diversos elementos. Las condiciones atmosféricas como temperatura, viento, granizo, contaminación ambiental pueden provocar daños que se traducen en necrosis, quemaduras, escaldaduras, etc. Por ejemplo temperaturas muy altas bajo condiciones atmosféricas de alta humedad relativa causan escaldaduras pero si hay poca humedad se producen quemaduras, especialmente en los bordes de las hojas. Las temperaturas bajas son causantes de las necrosis conocidas como heladas. La contaminación ambiental también causa necrosis en hojas, ramas y ramillas.

La deficiencia o exceso de elementos nutrientes pueden provocar daños que se confunden con agentes causales animados, igualmente la deficiencia de ciertos elementos puede provocar síntomas similares o también en casos especiales la respuesta de una especie vegetal determinada, ante la deficiencia de un elemento dado puede ser diferente de la que se observa en otra especie vegetal ante la deficiencia del mismo elemento.

En términos generales los síntomas, consecuencia de la deficiencia o exceso de elementos se traducen en la forma de clorosis, necrosis de los brotes, desarrollo limitado de la planta, floración y fructificación deficientes, etc.

REGLAMENTACION DE CULTIVOS EN EL PERU

Ing. Juan González Bachini
Jefe Programa Asistencia Técnica Fitosanitaria
FUNDEAL

Introducción:

La legislación fitosanitaria de un país es un poderoso auxiliar - como procedimiento de combate de pestes agrícolas; 1) porque faculta a las dependencias oficiales a vigilar la importación de plantas y productos agrícolas, a fin de evitar la introducción de pestes extrañas; 2) porque restringe el movimiento interno de productos cuarentenados, para proteger algunas regiones del país; y, 3) porque a través de disposiciones legales, como reglamentos o decretos que señalan campañas contra determinadas plagas, se obliga al agricultor, empresas de transporte y sectores directamente relacionados con la agricultura a observar medi - das de combate o control de plagas específicas.

Reglamentación de Cultivos.

Dentro del Control Legal, la Reglamentación de cultivos en el Perú tiene por finalidad evitar o disminuir el ataque de las plagas así como limitar su desarrollo.

La legislación peruana contempla, dentro del Control Legal, las siguientes acciones.

- Control Legal
  - Cuarentena
    - Externa
    - Interna
  - Reglamentación de Cultivos
    - Período de campo limpio
    - Fechas límites de siembra
    - Fechas límites para destrucción de resi - duos de cultivos.
    - Destrucción de malezas y plantas hospederas.
    - Control fitosanitario
    - Sanciones.
  - Reglamentación de la comercialización de pesticidas
  - Erradicación de Plagas.

De acuerdo al esquema anterior, la Reglamentación de Cultivos en el Perú contempla una serie de medidas culturales y de control que deben observarse obligatoriamente en una área determinada a fin de lograrse el máximo beneficio.

En el Perú están bajo reglamentación los cultivos de algodonero, en la mayoría de los valles de la Costa;de la papa en el valle de Cañete y del arroz en los valles de Tumbes, Piura, Lambayeque, Cajamarca-Amazonas, Huaraz y Arequipa. Existen además las llamadas Reglamentaciones sobre el control obligatorio de pestes agrícolas establecidas para los cultivos de arroz, algodón, café, frutales y papa.

Reglamentación del Cultivo del Algodonero

Antecedentes: Los primeros lineamientos y disposiciones sobre la reglamentación del cultivo de algodonero en el Perú, deben atribuirse a Charles H. Townsend, entomólogo norteamericano que trabajó en Perú durante las etapas 1909-1914 y 1923-1924. Ya en sus artículos sobre "Gorgojo de la chupadera" (La Industria de Piura 1923 y la Vida Agrícola N°1, 1924) señaló pautas para evitar la dispersión de este insecto a otros valles del Perú. En un artículo del 24 de Febrero de 1924 (La Vida Agrícola N°1), asumiendo de que podría ingresar al país el "Gusano rosado de la India", señalaba la prohibición de transportar, a través de los Andes, de Oriente a Occidente y viceversa (usando a los Andes como barrera natural) semilla de algodón y toda clase de productos y residuos provenientes del cultivo de algodonero, incluyendo envases y vehículos utilizados para el transporte.

Sin embargo, es en su artículo titulado: "Insectos que atacan al algodón y a la caña de azúcar en el Perú" -- (Boletín N°1, Mayo 1928. E.E.A. de La Molina) en la página 20, señala:

Reglamentación recomendable para la mejor sanidad de los cultivos de algodón.- A fin de combatir con éxito las -- plagas algodoneras y al mismo tiempo de conseguir los mejores resultados en el cultivo del algodonero, es necesario poner en práctica las siguientes reglas:

-Abolir el cultivo de algodón soca
-Cultivar una sola variedad de algodón en cada distrito o valle.
-Sembrar en fechas determinadas en cada distrito o valle.
-Aplicar los insecticidas y fungicidas adecuados cuando estos sean indicados, o combatir las plagas por los -- otros modos que se determinen.
-Arrancar y quemar las plantas entre los límites de fechas que deben determinarse para cada distrito o valle.

La aplicación de estas 5 medidas debe ser iniciada tan pronto como sea posible. No es necesario hacer un cambio brusco de las prácticas actuales a las que sugerimos, pero es preciso comenzar desde ahora para poner en práctica tantas de estas medidas en aquellos distritos como sea posible. En los valles en que las aguas llegan tarde, tal como en Piura, se podría sembrar apenas se diera el primer riego, si se arara el terreno en seco dando 3 rejas y si después del "machaco", se roturara la tierra con el Angell one Way Disc. Plow.

Posteriormente fue elaborado el "Proyecto para el establecimiento de la Reglamentación del cultivo de algodón en el valle de Santa" elaborado por los Ings. Jorge Páez y José Lamas en 1934 (Boletín N°5, E.E.A. La Molina) el cual contenía la mayoría de los lineamientos establecidos por Townsend más los que en su mayor parte contemplan las actuales reglamentaciones del cultivo. La primera reglamentación del cultivo del algodonero fue dada mediante la Resolución Suprema N°41 del 8 de Marzo de 1935, para el valle de Piura. Desde entonces hasta la fecha, se han venido estableciendo las diferentes reglamentaciones actualmente existentes, sean por áreas o valles algodoneros; por un año agrícola o en forma permanente, según lo soliciten los propios agricultores interesados.

Forma usual de elaboración de una reglamentación :

a) Propuesta de los agricultores de un valle o zona al Ministerio de Agricultura, aprobada en una Asamblea General por el 70% o más de los agricultores del área.

b) El acuerdo es sometido a la aprobación del Ministerio de Agricultura, el que promulga el acuerdo previas modificaciones técnicas, sugeridas por la Dirección de Inspección y Defensa Agrícola y la Junta de Sanidad Vegetal.

c) Vigencia: generalmente un año.
Actualmente más del 90% del área algodonera del Perú está bajo reglamentación.

Análisis de las medidas contempladas:
Período de "campo limpio"

Consiste en establecer, entre 2 campañas sucesivas de un cultivo, un período de ausencia del mismo cultivo así como la eliminación completa de restos de cosecha y plantas aisladas de la campaña anterior. También comprende la destrucción de malas hierbas hospederas de plagas comunes con el cultivo reglamentado. La medida tiene por objeto destruir la población residual de plagas del cultivo anterior privándolas de alimento y protección por un período relativamente prolongado.

Ejemplos en algodonero: *Phenacoccus gossypii* permanece en focones y "plantas huachas" no eliminadas.

Pinnaspis minor pasa de socas a plantadas

Dysdercus peruvianus continúa alimentándose después de la cosecha de bellotas y semillas abandonadas así como en las plantas hospederas silvestres.

Bucculatrix continua al estado de pupas en tacones y hojas secas de la campaña anterior.

Pectinophora gossypiella permanece en la broza y frutos abandonados de la campaña anterior, etc.

Los períodos de "campo limpio" para algodonero establecidos en la legislación peruana varían entre 60 y 75 días, para la mayoría de los valles de la costa peruana.

Fechas límites de siembra:

La fijación de fechas límites de siembra dentro de un período determinado, tratando de que sea lo más corto posible, contribuye a lograr plantaciones uniformes y restringe el período total de la plantación en el campo. Un período amplio de siembra favorecerá la proliferación y continuidad de las plagas que se inician con las primeras siembras y se acentúan en las más tardías. En el algodonero de la costa peruana, la mayoría de las fechas de siembra están fijadas en los valles con ríos de régimen regular, de acuerdo a las condiciones ambientales, en otros en relación a las aguas de avenida de los ríos (Alto Piura) y en otras, de acuerdo a la aparición de ciertas plagas como por ejemplo Dysdercus peruvianus (Santa-Casma-Supe)

Fechas límites para la destrucción de los residuos de cultivos:

En el algodonero está orientada a fijar las fechas límites para "tumbada" y "quema" del algodonero y demás residuos de cosecha, así como las fechas de "chapodo" y "quema" de la broza en las áreas donde se establece dejar un determinado porcentaje de "socas". El objeto fundamental de esta operación es destruir las poblaciones remanentes de las plagas.

Destrucción de malezas y plantas hospederas:

Esta medida tiene por finalidad, destruir las fuentes de alimento y protección de las plagas, sea dentro de una campaña de cultivo o en el intervalo entre 2 campañas. En este último caso se evita la continuidad de los ciclos biológicos y se reduce la población inicial de infestación. Relacionada con estas medidas esta la prohibición de "socas" y "resocas" del algodonero en algunas zonas del Perú.

Control Fitosanitario:

Se refiere a la obligatoriedad del control de las plagas, en base al uso especialmente de insecticidas inorgánicos. En aquellos valles donde el picudo peruano es endémico se obliga a tratamientos preventivos contra este insecto en "socas". Se prohibe el uso de insecticidas orgánicos,

salvo casos especiales que estudiarán los técnicos oficiales y especialistas en el manejo y control de plagas y enfermedades del algodonero. Asímismo, en algunos valles las compañias de aviación no podrán aplicar insecticidas orgánicos sin autorización oficial previa. La incorporación de la broza a los campos en zonas afectadas por enfermedades radiculares y gorgojo de la chupadera están prohibidas.

Sanciones:

Se refiere a las multas que deberán pagar los infractores de cada una de las disposiciones establecidas en los reglamentos.

Se estipulan plazos para la ejecución de la labor no ejecutada materia de la multa, vencido este plazo y no subsanada la falta, se duplica la multa y se procede a efectuar la labor por una cuadrilla de Sanidad Vegetal, cobrándose a los infractores el doble de los gastos que demande la operación, sin perjuicio del cobro de las multas impuestas.

Reglamentación del cultivo del arroz:

Esta reglamentación está orientada a establecer las condiciones de clima, recursos de agua e incidencia de pestes en el cultivo de arroz en los valles donde se cultiva esta gramínea. Contempla fundamentalmente las siguientes medidas:

-Período de campo limpio
-Siembra y transplantes
-Variedades y semillas
-Control fitosanitario
-Control de malezas
-Sanciones

Como acciones relievantes dentro de la aplicación de las medidas antes mencionadas se destaca la prohibición de "socas" o "cabrillas", la prohibición de siembra de variedades susceptibles al "quemado" del arroz provocado por *Pericularia orizae* así como el traslado de semillas y otros productos del cultivo de arroz a zonas libres de *P. oryzae*. La obligatoriedad del control de *Sogata orizicola* vector de la "hoja blanca", así como de *Orthezia insignis*. La primera reglamentación del cultivo de arroz data del año 1973 establecida para el Dpto. de Piura.

Reglamentación del cultivo de papa:

La reglamentación establecida en este cultivo rige sólo para el valle de Cañete y data del año 1965 a través de la Resolución Ministerial N°613 del mes de Abril del año mencionado. Dicha Reglamentación comprende:

-Siembras
-Variedades

-Semilla
-Control fitosanitario
-Crédito
-Almacenamiento
-Sanciones

La aplicación de las medidas anteriores está orientada básicamente, a fijar fechas de siembra de las variedades "criollas" y "serranas" y a garantizar la procedencia y sanidad de las semillas. Desde el punto de vista fitosanitario a evitar el sembrio de variedades susceptibles al ataque por el hongo de la "Gangrena de la papa" Thecaphora solani Bar. Así como las siembras en terrenos infectados por este hongo. Con respecto al ataque de la "mosca minadora" recomienda la siembra de variedades resistentes a este insecto, así como evitar el sembrío de papa en campos colindantes de plantas hospederas de la mosca, especialmente leguminosas. Finalmente se establece autorización especial para el uso de insecticidas orgánicos.

Reglamentaciones sobre control obligatorio de pestes agrícolas:

Hacemos a continuación una enumeración de las reglamentaciones establecidas:

Arroz.-

-Resolución Suprema N°144 del 26 de Marzo de 1958.
Que da facultades al Ministerio de Agricultura para dictar medidas de Control contra la "Queresa" Orthezia insignis" en los cultivos de arroz en la parte alta del valle de Jequetepeque.

-Resolución Ministerial N°465-69-AP-DGPA de 11 de Julio de 1969.-
Declara obligatorio el control preventivo de la "Hoja blanca del arroz" en la zona alta del valle de Piura, mediante tratamientos químicos contra el insecto vector "Sogata orizicola"

Algodón.-

-Resolución Suprema N°0563 de 5 de Diciembre de 1949, que declara obligatorio el combate de las plagas de insectos del algodonero a nivel nacional.

Café.-

-Resolución Ministerial N°5008-71-AG del 14 de Octubre de 1971, que aprueba el control obligatorio de la "Broca del Café" en el país.

Frutales.-

-Resolución Ministerial N°4863-73-AG, del 17 de Diciembre de 1973, que aprueba el Control Obligatorio de las "Moscas de la Fruta", en los valles del Chira y Alto Piura del Departamento de Piura.

-Resolución Suprema N°977-69-AP-DGPA, de 12 de Diciembre de 1969, que aprueba el Control Obligatorio de las "Moscas de la Fruta" en la Colonización San Lorenzo, del Departamento de Piura.

-Resolución Ministerial N°1386 del 27 de Mayo de 1957, que aprueba el Control Obligatorio de la Mosca Blanca de los Cítricos, en el valle de Palpa, Provincia de Palpa, Departamento de Ica.

-Resolución Ministerial N°4273-73-AG de 30 de Octubre de 1973 que aprueba el Control Obligatorio de la Filoxera de la Vid, en el Departamento de Ica.

-Resolución Ministerial N°42 de 10 de Enero de 1963, que aprueba el control Obligatorio de la Mosca de la Fruta en el Valle de Chaparra (Departamento de Arequipa).

-Resolución Suprema N°339-68 AG/DA, de 31 de Octubre de 1968, que aprueba el Control Obligatorio de la Mosca de la Fruta, en los valles de Caraveli y Chaparra, Provincia de Caravelí, Departamento de Arequipa.

-Resolución Suprema N°338-68-AG/Da de 31 de Octubre de 1968, aprueba el Control Obligatorio de las "Moscas de la Fruta" en el valle de Majes, Provincia de Castilla, Departamento de Arequipa.

-Resolución Suprema N°1041-70-AG de 20 de Noviembre de 1970, que aprueba la erradicación del "Barrenillo del Olivo" en las zonas afectadas del país.

-Resolución Ministerial N°3567-73-AG, de 5 de Setiembre de 1973, aprueba el Nuevo Reglamento del Control Obligatorio de la "Bacteriosis" en los frutales en las Zonas Agrarias VI-Arequipa y VII Tacna-Moquegua.

Papa.-

-Resolución Suprema N°1225-72-AG, de 22 de Noviembre de 1972, aprueba el Reglamento para la prevención y Control Obligatorio de la Marchitez Bacteriana de la Papa, a nivel nacional.

-Resolución Ministerial N°1412 del 16/5/64 declarando obligatorio el control de las moscas de la fruta y mosca blanca lanuda de los cítricos al Valle de Caravelí.

-Resolución Ministerial N°1385 del 21/10/65, declarando obligatorio el combate de las "moscas de la fruta", en los valles de Locumba y Caplina e Irrigaciones de la Yarada y Magollo y la "Polilla del manzano en el valle de Caplina e Irrigaciones de la Yarada y Magollo, del Departamento de Tacna.

Bibliografía

Beingolea G. Oscar, 1964. La Sanidad Vegetal en el Perú. Informe N°1 Setiembre. Dirección de Inspección y Defensa Agraria-Ministerio de Agricultura.

_____ Notas sobre Cuarentena en el Perú (inédito).

Ministerio de Agricultura. 1974. Reglamentación del Cultivo del Algodonero en el Perú. Recopilación por Luís Reynoso Casquel.

_____ 1974. Reglamentación del Cultivo del Arroz en el Perú. Recopilación por Luís Reynoso Casquel.

_____ 1974. Reglamentación del Cultivo de la Papa en el valle de Cañete. Resolución Ministerial N°1705-AG-74.

_____ 1975. Control Obligatorio de Pestes Agrícolas. Recopilación por Luís Reynoso Casquel.

Townsend H.T. Charles. 1924. "El Gorgojo de la Chupadera" en el valle de Piura. La Vida Agrícola N°1. E.E. A. La Molina.

_____ 1928. Insectos que atacan al algodón y a la caña de azúcar en el Perú. Boletín N°1, Mayo . E.E.A. La Molina.

USO DE REGULADORES DEL CRECIMIENTO E INHIBIDORES DEL DESARROLLO DE INSECTOS EN LA REPRESION DE PLAGAS

Dr. William E. Dale
Departamento Sanidad Vegetal
Universidad Nacional Agraria LA MOLINA.

En forma natural, los procesos de crecimiento, muda, metamorfosis y maduración son regulados y coordinados por acción hormonal. Varias son las aplicaciones del estudio de las hormonas insectiles. Mednikova (1952), presentó la teoría por la cual, analizando la forma e histología de las glándulas endócrinas o productoras de hormonas, era posible determinar el grado de susceptibilidad de los insectos hacia los pesticidas. Más aún, estudiando el desarrollo de la corpora alata, una glándula endócrina, en poblaciones naturales, es indicativo del estado fisiológico del insecto, importante tanto en el control de la plaga como en la crianza de especies benéficas. Sinembargo, Williams en 1956, especuló que las hormonas insectiles pudieran servir como base para una nueva y revolucionaria generación de pesticidas, más específicos en su acción y menos contaminantes del medio ambiente. Desde 1960 se han descubierto en la naturaleza y sintetizado en el laboratorio una serie de compuestos bioanálogos de acción reguladora del crecimiento, semejantes a las hormonas insectiles en su efecto y otros que en forma definida, alteran el curso normal del desarrollo en los insectos o inhibidores del crecimiento.

En 1967, Williams acuñó el término "tercera generación de pesticidas" para estos compuestos, considerando al arseniato de plomo y al DDT como los representantes típicos en la primera y segunda generación de pesticidas, respectivamente.

1.- Tipos y acción de las principales hormonas reguladoras del crecimiento en insectos:

Las hormonas son sustancias orgánicas que, transportadas por la hemolinfa o ciertos nervios, actuan modificando el funcionamiento de órganos internos lejanos a su punto de origen. Las hormonas insectiles tienen estructura química diferente a aquellas halladas en vertebrados y, al igual que estas, son efectivas a muy bajas concentraciones.

De las muchas hormonas descubiertas en insectos, las más directamente relacionadas con la regulación del crecimiento son:

-Hormona Activadora (HA) o Cerebral,
-Hormona Juvenil (HJ) o Neotenina y
-Hormona de la Muda (HM) o Ecdisona

1.1.- Hormona Activadora: La HA tiene marcada influencia en la producción de la HJ y HM. Su presencia fue deducida por Kopec (1917) al estudiar el proceso de metamorfosis de la polilla Lymantria dispar. Producida por unas pocas - de 4 a 15 pares - de células neurosecretoras gigantes agrupadas simétricamente en la porción superior de cada hemisferio cerebral (pars intercerebralis), la hormona viaja en forma de

gránulos por los nervios que conectan el cerebro con la corpora cardiaca, para luego pasar, también a lo largo de nervios, a la corpora alata, estimulando en esta glándula la producción de la HJ (Nayar, 1958). También se ha observado, que gránulos de la HA circulan, via otro nervio, hasta las paredes de la aorta dorsal, donde se vierten al torrente circulatorio, la hemolinfa, conteniendo la hormona, baña las glándulas protoráxicas o sus análogos, estimulando la producción de la HM. Kobayashi (1969) presentó evidencia que la HA es una glicoproteina de alto peso molecular.

1.2. Hormona juvenil: Wigglesworth (1935) mostró que al unir en parabiosis ninfas del penúltimo estadio de *Rhodnius prolixus* con otra ninfa recién mudada, provocaba la supresión o demora en la metamorfosis a adulto de la primera. Este fenómeno se relacionó con el pasaje de alguna sustancia inhibidora de la muda producida por la chinche que recién iniciaba su estadio. Por otro lado, la extirpación de la corpora alata en una ninfa recién mudada, conducía a su rápida transformación a adulto de tamaño subnormal. La hormona inhibidora de la transformación de ninfa a adulto recibió el nombre de hormona juvenil, concluyendose era producida en la corpora alata.

En forma general, esta hormona evita se alcance tempranamente el estado adulto, en insectos inmaduros en proceso de crecimiento.

En la Universidad de Wisconsin, Roller y colaboradores (1967) lograron descifrar la estructura molecular de la HJ. Esta hormona es el epóxido de un ester homosesquiterpenoide, de inmensa actividad biológica en insectos de los ordenes Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera y Orthoptera. Bastan 0.000002 gramos de materia activa para producir la retención parcial de los caracteres pupales en adultos del escarabajo *Tenebrio*.

1.3. Hormona de la muda: La primera evidencia de la intervención de una hormona en el proceso de muda, fueron los experimentos de Kopec (1922), Hachlow (1931), sugirió la existencia de un "centro toráxico" vital en la producción de la hormona y el consiguiente proceso de muda: este "centro" fue ubicado en las glándulas protoráxicas por Fukuda (1940).

Además de las protoráxicas, otras glándulas análogas son productoras de la HM; entre éstas las peritraqueales, pericardiales y cefaloventrales, dependiendo del grupo de insectos. Estas glándulas son estimuladas por la HA, por las mismas glándulas (una mitad estimula la otra) y por repetidas lesiones hechas en el cuerpo del insecto, así como por los procesos regenerativos derivados de estas.

La HM programa el crecimiento del insecto, permitiendo su aumento de tamaño al estimular el reemplazo de la cutícula; asímismo, su presencia determina el término del estado diapausal, sospechándose tenga importancia en la regulación de la actividad normal de ciertos sistemas enzimáticos. Karlson al analizar 250 miligramos de cristales de esta sustancia, obtenidas del procesamiento de 1,000 kilogramos de pupas de gusano de seda, determinó que la HM estaba compuesta por dos fracciones isómeras de un esteroide. El componente dominante es la alfa ecdisona; el complemento, es la beta ecdisona o ecdysterona.

2.- Uso de bioanálogos sintéticos y fitohormonas:

Como consecuencia de los resultados letales producidos al alterar el balance hormonal en insectos, se pensó obtener beneficio de estos conocimientos en el control de plagas. Dados los bajos rendimientos de extracción de hormonas de otros insectos, la industria exploró la posibilidad de sintetizar en el laboratorio, sustancias que se comportaran en forma similar a las hormonas naturales. Los bioanálogos sintéticos de la HJ recibieron el nombre de juvenoides; aquellos de la HM, son conocidos como ecdisonoides. Síntesis de bioanálogos de la HA no son producidos comercialmente, por dificultades técnicas.

Adicionalmente, se descubrió que algunas especies de plantas, en especial coniferas y helechos pueden rendir extractos con definida acción hormonal.

2.1. Juvenoides: Compuestos bioanálogos de la hormona juvenil han sido detectados en invertebrados, microorganismos animales, levaduras y plantas. Slama y Williams (1965) encontraron accidentalmente una fitohormona en papel de celulosa en árboles de abeto. Esta hormona, llamada originalmente "factor del papel" fue más tarde identificada como el ester metilico del ácido todomatuico o "juvabione" (Bowers et al , 1966).

La lista de juvenoides fue creciendo para incluir decenas de terpenoides y sus derivados así como alcoholes alifaticos. Las moleculas de estos compuestos son muy diferentes químicamente, pero similares en tamaño y ciertas propiedades físicas, a las hormonas naturales.

De todos los bioanálogos hormonales, los juvenoides son los de mayor potencial como insecticidas, al producir los siguientes efectos:

-Efectos Morfogenéticos Adversos: Al ser usados durante el último estadio larval o ninfal, producen estadios suplementarios que no logran ni empupar ni alcanzar el estado adulto. Pupas tratadas mudan a una segunda pupa, sin metamorfosis posterior a adulto, o bien el adulto retiene el abdomen inma

duro de la pupa, careciendo de la facultad de reproducirse.

-Ruptura de la Diapausa y Aestivación: Adultos bajo estos dos estados fisiológicos, al ser tratados, reciben de la hormona estímulos gonotrópicos, iniciando una progenie en un ambiente poco aparente para su sobrevivencia.

-Esterilización de los adultos: Fuera del efecto directo sobre las hembras, los machos tratados al copular con hembras no contaminadas, les inducen infertilidad. Estas hembras, al copular con otros machos, los contaminan esterilizandolos.

-Acción Embriocida: Juvenoides en contacto con huevos recién ovipositados, no permiten el desarrollo del embrión más alla del estado de blástula; huevos, con mayor tiempo de incubación, al ser tratados eclosionan en larvas o ninfas aparentemente normales que más tarde presentan crecimiento aberrante.

-Alteración en la proporción de formas en insectos polimórficos: Los áfidos bajo efecto de juvenoides, generan mayor número de formas ápteras, reduciendose la capacidad migrante y colonizadora de la especie.

-Influencia en el comportamiento de insectos.

El uso de juvenoides ofrece las siguientes ventajas:

-Por sus propiedades físico-químicas, no son ni estimulantes ni inhibidores en el sistema hormonal de vertebrados, reduciendo los riesgos de su uso.

-Acción efectiva a muy bajas concentraciones: Ninfas de Pyrrhocoris presentan efectos morfogeneticos adversos al recibir 0.0000000001 gramo (0.1 nanogramo) de un juvenoide.

-Alta especificidad de muchos juvenoides, que permite su uso selectivo en programas de control integrado de plagas.

-Son los bioanálogos hormonales con menor costo de producción.

-Penetran fácilmente la cutícula, corium y paredes del canal alimenticio de los insectos.

Las desventajas en el uso de los juvenoides se presentan a continuación:

-Acumulación en el medio ambiente: Muchos juvenoides de acción potente son hidrocarburos clorados de alta residualidad. Otros, por su baja tolerancia a los rayos ultravioleta de la luz solar, son descompuestos demasiado rápido para ser efectivos, debiendo ser formulados en forma especial.

-Creación de resistencia: Existen evidencias de pérdida de sensibilidad a juvenoides en varias especies de insectos, entre ellas la mosca común y Tribolium confusum.

-La aplicación coordinada del juvenoide con la "fase sensible" de la plaga, puede ser un inconveniente por el consumo de tiempo en el análisis del estado de desarrollo en la población de insectos que deseamos controlar.

-Acción relativamente lenta, no siendo adecuados para controlar plagas voraces de aparición repentina.

2.2.- Ecdisonoides: Muchos de los ecdisonoides son extraídos de plantas. En Japón se ha realizado un esfuerzo masivo para descubrir nuevas fuentes de estas fitohormonas. Cerca de 1000 especies han sido examinadas encontrándose 40 de ellas con actividad hormonal; dentro de estos helechos, coniferas y angiospermas.

Los ecdisonoides demuestran los siguientes modos de acción:

-Al actuar sobre ninfas, larvas o pupas, originan una rápida pero imperfecta muda.

-Producen reducción sensible en la viabilidad de huevos.

Ventajas en su aplicación:

-Afectan todos los estados de desarrollo, desde ninfas o larvas recién emergidas hasta adultos.

-Pueden ser usados como insecticidas o acaricidas.

-Algunos ecdisonoides tienen mayor actividad biológica que los ecdisonas naturales.

-No causan mayor efecto contaminante medioambiental, pues están ampliamente dispersas en el reino vegetal y son eslabón de cadenas tróficas establecidas.

-Reducida toxicidad hacia vertebrados.

Las siguientes son las desventajas en su uso:

-Presentan mayor dificultad que los juvenoides para penetrar la cutícula, sinembargo algunos han sido desarrollados como fumigantes.

-Amplio rango de acción, que puede causar problemas en la preservación de enemigos naturales, cuando estos viven en el mismo lugar que la plaga. Unas pocas ecdisonoides mues -

especificidad relativa, tal es el caso de la Rubrosterona que actua sobre moscas.

-Dificultad y alto costo como productos de síntesis.

3. Inhibidores del Crecimiento:

Ciertas sustancias extraídas de plantas han presentado efectos adversos para los insectos, diferentes a los producidos por las fitohormonas, con deterioro notable en su desarrollo. Tal sucede con el Negilacton extraído de la conifera Podocarpus nivalis: asímismo el Azadirachtin encontrado en frutos de Meliaceas, como el cedro, muy abundante en Sudamerica.

Entre los inhibidores de crecimiento sintéticos se encuentra el Diflubenzuron o Dimilin. Este producto muestra baja toxicidad hacia vertebrados y algo de especificidad en el control de insectos. Los insectos tratados presentan transtornos en la muda siguiente, posiblemente por fallas en la formación de quitina en la cutícula. Adicionalmente, los insectos envenenados, muestran grandes exudados de hemolinfa que en última instancia les producen la muerte.

EL CONTROL QUIMICO DE PLAGAS

Dr. Fausto H. Cisneros
Departamento Sanidad Vegetal
Universidad Nacional Agraria, La Molina.

Por Control Químico entendemos el uso de substancias llamadas pesticidas que tienen la capacidad de reprimir o prevenir el desarrollo de plagas, enfermedades o malezas. Según su efectividad particular sobre determinadas pestes, los pesticidas reciben denominaciones especiales como: insecticidas, acaricidas, raticidas o rodenticidas, caracolicidas o molusquicidas, nematicidas, fungicidas y herbicidas. En esta exposición nos ocuparemos básicamente del control químico de las plagas insectiles es decir del uso de los insecticidas.

Historia

Aún cuando se conoce que desde hace unos tres mil años data el uso del azufre contra algunas plagas, la utilización intensiva de pesticidas, base de la protección química contra las plagas se produce inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial, es decir en los últimos treinta años Hasta entonces se disponía de unos pocos compuestos inorgánicos, fundamentalmente arsenicales, y algunas pocas substancias derivadas de plantas como la nicotina y la rotenona.

Impacto de los Insecticidas en la Agricultura

El descubrimiento de los modernos insecticidas orgánicos sintéticos dió al hombre la capacidad de destruir poblaciones enteras de insectos en forma casi instantánea; capacidad que hasta entonces el hombre no había dispuesto. El uso de insecticidas y fungicidas otorga así a los cultivos grados de protección fitosanitaria extraordinariamente eficientes. Su fácil manipulación contribuyó marcadamente al incremento de los rendimientos de los cultivos en una época coincidente con el desarrollo de nuevas variedades de plantas y prácticas de fertilización intensa. En muchos lugares se estableció, durante los primeros años, una correlación positiva entre la intensidad del uso de pesticidas y los rendimientos agrícolas. Desafortunadamente, con el tiempo, el uso y, sobre todo, el abuso o mal uso de los insecticidas han provocado una serie de problemas, que fueron imprevisibles en los primeros años y que ahora constituyen la máxima preocupación sobre el control químico de las plagas.

Entre estos problemas están la resistencia, la resurgencia de las plagas, la aparición de nuevas plagas, los residuos tóxicos, la contaminación ambiental y la interferencia en las cadenas tróficas, problemas que serán tratados por otros expositores.

Características de los insecticidas agrícolas

Los insecticidas son substancias tóxicas destinadas a destruir las plagas. Debe anotarse sin embargo que con frecuencia, las plagas no son los únicos organismos afectados sino también otros organismos vivientes, incluyendo las plantas mismas y el hombre, los insectos benéficos y la fauna silvestre.

La Toxicidad contra los insectos: Los insecticidas afectan sistemas vitales del insecto, por ejemplo el sistema nervioso (organofosforados, carbamatos, piretrinas), el sistema circulatorio (tiocianatos), el sistema respiratorio (aceites emulsionables), el tracto digestivo (arsenicales) o procesos enzimáticos vitales (clorados).

El grado de toxicidad se expresa como dosis letal media o DL_{50} - que es la cantidad de insecticida requerida para matar el 50 por - ciento de una población, expresada en microgramos por gramo de peso de insecto. La morfología y fisiología de las diversas especies de insectos, afectan la absorción y metabolismo de los insecticidas y, consecuentemente, su efecto tóxico. De allí que con frecuencia diferentes - especies suelen mostrar distintos grados de susceptibilidad a un mismo producto. Este fenómeno puede ocurrir hasta en especies muy próximas como Heliothis virescens y H. zea, siendo por lo general este último - más susceptible.

Hay ciertos productos que son efectivos contra numerosas especies, (insecticidas de amplio espectro: DDT, BHC, Paratión, etc) mientras que otros afectan a pocas especies, casi siempre relacionadas entre sí (insecticidas específicos: Demeton, Mirex, etc). Por supuesto que hay numerosos casos intermedios, así como excepciones a los grupos mencionados. Por ejemplo el DDT, de amplio espectro, es inefectivo contra áfidos, excepto Macrosiphon pisi, tampoco controla langostas, grillos, queresas, cochinillas y algunos coleópteros. El paratión también de amplio espectro, controla muchas especies de queresas incluyendo especies de Coccus, pero es ineficiente contra C. hesperidum.

En general solo experimentalmente se puede tener la certeza del - grado de efectividad de un producto contra una plaga.

Efecto de los insecticidas sobre las plantas: En el proceso de selección de los insecticidas agrícolas modernos normalmente se eliminan aquellas substancias que resultan fitotóxicas; pero no todos los compuestos aprobados necesariamente son inocuos para las plantas. Algunos todavía resultan fitotóxicos para ciertas especies o variedades de plantas; otros afectan en mayor o menor grado la fisiología de la planta, estimulando o retrasando su desarrollo, provocando caída de flores o frutos recién formados, etc. Algunos productos resultan fitotóxicos cuando se mezclan con otros productos. En otros casos los concentrados emulsionables pueden tener efectos fitotóxicos sea por el propio insecticida así formulado o por los solventes que se usan.

Existen plantas marcadamente susceptibles como las cucurbitáceas, el duraznero, la papaya; y otras bastante tolerantes como la papa o el algodonero o los cítricos.

Formulaciones Comerciales

Los insecticidas se presentan en el mercado listos para ser aplicados en forma de polvos, granulos o concentrados para ser diluídos en agua. En general se presentan las siguientes formulaciones comerciales:

Formulación	Diluyente	Forma de aplicación
Polvo diluído (P)	----------	espolvoreo
Polvo Concentrado	polvo inerte	espolvoreo
Polvo Mojable (P.M.)	agua	aspersión (suspensión)
Polvo Soluble (P.S.)	agua	aspersión (solución)
Concentrado Emulsionable (C.E.)	agua	aspersión (emulsión)
Concentrado Soluble (C.S.)	agua	aspersión (solución)
Granulado (G)	----------	directo
Cebos Tóxicos (Cebo)	----------	directo

Una misma formulación puede presentar diferentes porcentajes de riqueza o contenido de Materia (Ingrediente) Activo. La materia activa tiene un Nombre Técnico común y la formulación comercial un Nombre Comercial.

Por ejemplo el dimetoato se vende en el país con los nombres comerciales de Roxión, Perfekthión y Dimetón.

Formas en que se aplican los insecticidas

1. Espolvoreo Foliar: es la distribución del insecticida en forma de polvo fino mediante máquinas espolvoreadoras. Su aplicación se considera conveniente en condiciones de ausencia o poca disponibilidad de agua; pero en general son menos usados que las pulverizaciones. Tienen la ventaja de cubrir rápidamente extensiones relativamente grandes con equipo liviano; pero la proporción de insecticidas depositado (alrededor del 20%) es menorq ue en las pulverizaciones y las aplicaciones están supeditadas a la ausencia de vientos, por lo que se suelen limitar a las mañanas, muy temprano.

   Las partículas de polvo (generalmente menores de 40 micras) son llevadas por el viento y penetran fácilmente al interior del follaje. Los depósitos pueden ser lavados más fácilmente que en el caso de las pulverizaciones.

   Factores que afectan el depósito : Tamaño, forma y carga electrostatica de las partículas.

2. Pulverización Foliar: Es la distribución de insecticidas líquidos en forma de gotitas pequeñas utilizando máquinas pulverizadoras (aspersoras o rociadoras). Según la cantidad de caldo insecticida aplicada por área (foliar) se distinguen tres tipos: a) aspersiones de alto volumen, b) aspersiones de bajo o medio volumen y aspersiones de ultra-bajo volumen.

   En las aspersiones de alto volumen se trata de mojar toda la superficie foliar hasta el inicio del escurrimiento; la dosificación queda determinada por la concentración de aplicación (dilución del caldo insecticida). En plantas de papa de mediano desarrollo se trata de 400 a 600 litros/ Há.

En las aspersiones de bajo y medio volumen los caldos son más concentradas y los depósitos se realizan en forma de gotitas aisladas unas de otras. La dosificación queda determinada por la concentración de aplicación y el volumen de aplicación por hectárea. Ambos factores dan la cantidad de insecticida empleada por hectárea. Se considera una aspersión de bajo volumen hasta unos 80 litros por hectárea, y de medio volumen hasta unos 300 litros/há. para cultivos de surco de tamaño medio.

En las aspersiones de ultra-bajo-volumen se utilizan volumenes de 1 a 5 litros/Há; generalmente se trata de preparados especiales, materia técnica líquida o soluciones muy concentrados en solventes especiales.

Tamaño de las gotas

El tamaño de las gotas está relacionado con la facilidad del depósito y con la penetración al interior del follaje. Las gotas grandes tienden a depositarse externamente y las más pequeñas a penetrar al interior del follaje, sobre todo si son llevadas por una corriente de aire; pero si son demasiado chicas no llegan a depositarse.

Una clasificación generalizada es la siguiente:

Tipo de pulverización	diámetro de gota en micras
gruesa	mayor de 400
fina	de 100 - a 400
nebulización	de 50 - a 100
aerosoles y neblinas	de 0.1 - a 50

3. Aplicación de Granulados al Follaje:

Los pocos casos en que los granulados se aplican al follaje se restringen al maíz y a la caña de azúcar. Los granulos son depositados en el "cogollo" y en las axilas de las hojas. En el maíz es común su uso para controlar el "cogollero", Laphigma frugiperda.

4. Aplicaciones al suelo

La incorporación de insecticidas al suelo puede hacerse en forma de pulverizaciones, espolvoreos o granulados, con el objeto de destruir a los insectos subterráneos o para proteger a las plantitas con insecticidas sistémicos de absorción radicular.

Las modalidades de tratamiento son: total, en banda o por "golpe". El momento de la aplicación puede ser antes de la siembra, durante la siembra o al aporque. La cantidad de insecticida varía con la especie de plaga, el tipo de suelo y modalidad de aplicación.

5. Tratamientos de las semillas

El tratamiento de semillas tiene por fin proteger a las semillas en germinación y a las plántulas, caracterizándose por su bajo costo y fácil aplicación. Las modalidades de tratamiento son en seco, en pasta y en líquido, utilizándose diversas formulaciones comerciales de los productos. Hay que tener cuidado con los efectos fitotóxicos que reducen el poder germinativo de la semilla. En general son tratamientos menos eficientes que las aplicaciones al suelo.

Dosificación de los Insecticidas

La dosificación de los insecticidas puede expresarse como cantidad de insecticida (comercial o materia activa) por hectárea y/o concentración de aplicación.

Los polvos normalmente se venden a concentraciones de 1 al 10 por ciento, en algunos casos especiales a mayor concentración, listos para ser aplicados, generalmente en cantidades de 10 a 20 Kg. del producto por hectárea en aplicaciones foliales.

Los granulados también se venden normalmente en concentraciones de 1 al 10 por ciento para ser aplicados directamente al suelo y, ocasionalmente, al follaje de gramineas, en cantidades que varían de 10 a 30 o más kilogramos/há.

Las pulverizaciones presentan las mayores flexibilidades en el control de las dosificaciones, tanto en relación a las concentraciones de aplicación como a los volúmenes de aplicación, influenciados marcadamente por el tamaño y tipo de la planta, el tipo de plaga, el tipo de insecticida y la maquinaría disponible. Los diversos grados de riqueza de los productos comerciales, que se expresan en peso por volumen en el caso de líquidos concentrados, requiere de la familiarización con las técnicas de cálculo de diluciones.

Clasificación de los Insecticidas

Entre las clasificaciones más conocidas de los insecticidas se tienen las siguientes:

1.- Según la vía de ingreso al cuerpo del insecto

a) Insecticidas estomacales o de ingestión: deben ser ingeridos por los insectos. Ejemplos: arsenicales se usan contra gusanos de hoja en cultivos industriales.

b) Insecticidas de contacto: pueden penetrar por la cutícula del insecto. Incluye a casi todos los insecticidas sintéticos modernos, desde la aparición del DDT, BHC y paratión.

c) Insecticidas fumigantes: penetran por el sistema respiratorio en forma de gas. Se trata de fumigantes de granos almacenados y del suelo. Algunos insecticidas modernos como el diclorvos tienen cierto efecto fumigante.

d) Insecticidas de sofocación: son los aceites emulsionables que obturan las aberturas del sistema respiratorio de los insectos particularmente queresas diaspídidas.

2.- Según su capacidad de penetrar y circular en la planta

a) Insecticidas superficiales: que permanecen en la superficie del follaje sin penetrar significativamente: arsenicales, DDT.

b) Insecticidas de penetración: penetran a los tejidos de las plantas, particularmente en las hojas, pueden matar insectos minadores o que se encuentran en la superficie opuesta al tratamiento: parathión.

c) Insecticidas sistémicos: son absorbidos por las hojas o raíces y luego circulan en el interior de la planta concentrándose en las zonas de crecimiento: demeton metílico, dimetoato, aldicarb, etc.

3.- Según el origen y naturaleza química del producto

a) Insecticidas minerales o inorgánicos: antiguos insecticidas a base de sales inorgánicas como los arseniatos y la criolita.

b) Insecticidas de origen vegetal: substancias derivadas de plantas, que suelen descomponerse fácilmente: nicotina, rotenona, piretrinas.

c) Insecticidas orgánicos sintéticos: conjunto heterogeneo de compuestos sintéticos modernos con características químicas, físicas y toxicológicas muy variables. Los principales grupos son:

-Nitrofenoles y derivados: DNOC, dinocap.
-Clorados: DDT, BHC, Aldrín, Endrín, etc.
-Fosforados: paratión, dimetoato, diclorvos, etc.
-Carbamatos: carbaryl, aldicarb, oxamyl, etc.
-Piretroides estables: bioresmetrin, Permethrin, Cypermetrin, etc.
-Sulfonados (acaricidas): clorfenson, tetradifon, propargito, etc.
-tiocianatos: Lethane
-misceláneos: fenbutatin-oxido, clorofenamidina.

Principios Básicos del Control Químico

El primer paso es la identificación correcta de la plaga o plagas problemas, luego se analiza la conveniencia o no de su represión química. Es decir si se espera un beneficio económico como consecuencia de la aplicación de las medidas de control. En general los cultivos de muy bajos rendimientos económicos prácticamente no permiten el uso económico del control químico. Una vez decidida la realización del control químico, hay necesidad de responder a las siguientes preguntas:

¿Qué aplicar?
¿Cómo aplicar?
¿Cuando aplicar?

Qué aplicar.- En primer lugar hay que determinar los productos insecticidas más eficientes en el combate de la(s) plaga(s) problema (s). La efectividad toxicológica pura determinada en condiciones de laboratorio no asegura eficiencia de un producto en el campo pues aquí se dan una serie de factores modificantes relacionados con el medio físico, la distribución del producto, la persistencia, los hábitos del insecto y la planta misma. Además hay que tener en consideración la persistencia de residuos.

Es posible hacer algunas generalizaciones válidas como que los insecticidas sistémicos controlan áfidos y cigarritas, los insecticidas de penetración pueden combatir insectos minadores, los productos arsenicales controlan a los gusanos de hoja de cultivos industriales, etc. Pero la eficiencia particular de un producto contra la población de una plaga específica se sabe, a ciencia cierta, solamente con la experiencia o la experimentación. En todo caso los mayores riesgos de no acertar con el producto adecuado se presenta con el uso de los productos oligotóxicos que con los productos politóxicos o de amplio espectro.

Son factores modificantes en la selección del producto efectivo los hábitos del insecto (masticadores de hojas, perforadores de frutos o tallos, minadores de hojas, picadores chupadores de hojas o tallos, comedores de tubérculos o raíces, etc); la naturaleza del cultivo - (plantas de uso industrial o alimenticio y en este caso, su utilización como fruta, hortaliza de hoja, granos, raíces, etc) y la proximidad a la cosecha.

Cómo aplicar: La selección de la formulación del producto insecticida y la forma en que se le aplica está ligada a la distribución del producto sobre la planta, la penetración al interior del follaje, la adherencia de los depósitos y consecuentemente en la eficiencia del tratamiento. Hay que tener en consideración el hábito del insecto, su forma de alimentación y localización en la planta, la naturaleza y arquitectura de la planta, densidad y fauna de cobertura del follaje, condiciones topográficas y climáticas, tipo de insecticida, dis-

ponibilidad de equipo y recursos diversos. En general pueden hacerse aplicaciones dirigidas o generales; los depósitos superficiales mayores se logran con pulverizaciones hidráulicas; las pulverizaciones neumáticas tienen más penetración dentro del follaje, lo mismo sucede con los espolvoreos pero la eficiencia en el depósito es menor; en lugares accidentados deben preferirse equipos ligeros y menores volúmenes de aplicación; las queresas y otros insectos pequeños y ácaros requieren tratamientos de alto volúmen, en el combate del cogollero en maíz pueden usarse los granulados en forma ventajosa; en la incorporación de insecticidas al suelo pueden emplearse pulverizaciones,espolvoreos o granulados.

Cuándo aplicar: La oportunidad de la aplicación es un elemento esencial en el éxito del control químico, desde dos puntos de vista. Oportunidad respecto al estado de desarrollo del insecto, esto es en el momento en que el insecto resulta más susceptible al tratamiento químico, sea porque un estado particular de su desarrollo es más delicado o porque la exposición al tratamiento es mayor. El otro aspecto de la oportunidad está relacionado con el momento del ataque respecto a su influencia en los rendimientos del cultivo, una aplicación demasiado temprana o demasiado tardía aún cuando se destruya a la población de insectos resultan innecesarias.

La oportunidad respecto al desarrollo de insectos es más marcada en el caso de los perforadores de frutos y tallos pues el período de exposición al tratamiento suele ser muy breve, trátese del estado adulto o del período de las larvitas recién emergidas, antes de penetrar al tejido de la planta. En el caso del gusano bellotero y del gusano cachudo del tabaco la oportunidad se da cuando las larvitas son pequeñas pues las larvas grandes son muchas veces más tolerantes a los insecticidas. En los ataques de Elasmopalpus a plántulas de maíz la oportunidad del tratamiento se reduce a 1 ó 2 días, pasados los cuales la aplicación resulta tardía y aunque las larvas mueran las plantitas de maíz atacadas ya no pueden recuperarse.

EL USO DE PESTICIDAS EN EL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS

Dr. E.H. Glass
Departamento de Entomología
Estación Experimental Agrícola del Estado de Nueva York
Universidad de Cornell
Geneva. Nueva York U.S.A.

Los pesticidas son el instrumento más poderoso que disponemos para el control de plagas. Son efectivos, tienen acción rápida, son adaptables y económicos. Cuando se les usa correctamente no son nocivos para el hombre y el ambiente. A pesar de todas estas ventajas existen algunas desventajas muy definidas para su uso. Antes de proceder con la discusión sobre el uso de los pesticidas en el control integrado de plagas, consideramos algunos factores generales que influenciarán las futuras necesidades de protección de cultivo incluyendo los requerimientos de pesticidas.

SUPOSICIONES SOBRE EL FUTURO

Aún cuando no tenemos una bola de cristal a través de la cual podamos ver infaliblemente hacia el futuro, hay algunos desarrollos que son aceptados generalmente como hechos inevitables durante las siguientes décadas. Algunos de los que causarán gran impacto en la necesidad de pesticidas y su manejo seguro son los siguientes:

1. Las poblaciones humanas seguirán creciendo dramáticamente durante las décadas siguientes.

2. Las demandas por alimento y fibra aumentarán en una proporción correspondiente y aún mayor que las poblaciones al mismo tiempo que los países en desarrollo mejoran su economía y su dieta.

3. Las tierras arables han sido ya usadas muy extensamente para la agricultura en muchas partes del mundo y otras fuentes de alimentos tal como los océanos parecen tener limitadas capacidades para producirlos.

4. Gran parte de las crecientes exigencias de alimento y fibra necesariamente serán satisfechas mediante la intensificación de la agricultura. Por ejemplo, mayor producción por unidad de área de tierra.

5. La intensificación de la agricultura creará crecientes problemas de plagas durante la producción. También se espera que aumenten los problemas de protección durante el almacenaje y transporte de alimentos al mismo tiempo que la producción se extiende en los trópicos.

6. La demanda de pesticidas y su uso continuará en aumento.

Las cuatro primeras suposiciones son reconocidas generalmente de modo que no necesitan ser afianzadas aquí. Las dos últimas pueden no ser aceptadas o comprendidas ampliamente y serán discutidas brevemente.

PROBLEMAS DE PLAGAS EN AGRICULTURA INTENSIFICADA

Las herramientas de la agricultura intensificada son los cultivares de alto rendimiento, densas poblaciones de plantas de cultivo, alta fertilidad, monocultivo, cultivo continuo, irrigación, etc. El uso de estas prácticas ha llevado a aumentos excepcionales en la producción de muchos cultivos (Horsfall, 1975). Desafortunadamente, tales cambios han tenido frecuentemente como resultado el empeoramiento de los problemas de protección de cultivos. Ejemplos de ello han sido documentados por varios cultivos en Estados Unidos(Horsfall, 1972; Reynolds, 1971; Smith, 1972). Sin embargo, algunos de los más drámaticos ejemplos han ocurrido recientemente en la "Revolución Verde" en la producción de arroz en Asia. El cambio de un cultivo por año durante la estación de los monzones, con la tierra en barbecho durante seis o más meses durante la estación de sequia, a un cultivo continuo irrigado ha intensificado enormemente el barreno del tallo; cigarritas, moscas de las agallas y otros problemas de insectos. En las Filipinas una especie no descrita anteriormente, la mosca del cogollo del arroz se ha desarrollado en plaga que reduce el rendimiento hasta el 25% cuando no se le controla en áreas donde el arroz crece de forma continua durante todo el año (Ferino, 1968a, 1968b). De esta manera, donde el arroz crece continuamente, y especialmente donde los cultivos en todas sus etapas de desarrollo están presentes durante todo el año, se ha hecho necesario el extenso uso de insecticidas para prevenir pérdidas graves (Pathak, 1967).

Aún cuando se ha logrado un progreso importante para incorporar la resistencia a tipos de alto rendimiento y, de otras formas, reducir el daño producido por los insectos, los insecticidas son requeridos todavía para prevenir pérdidas serias. Al mismo tiempo, donde los agricultores siguen modelos tradicionales de siembra, los problemas de insectos son mucho menos severos. La misma característica se ha observado con las enfermedades de la planta del arroz. Hay muchas razones para creer que los crecientes problemas similares de insectos y otros organismos de pestes se desarrollarán con otros cultivos y agroecosistemas al mismo tiempo que se empleen las prácticas de producción intensificada para aumentar los rendimientos (Smith, 1972).

El crecimiento de centros urbanos e industriales cada vez más grandes con poblaciones en expansión, requerirá un transporte y almacenaje más extensos que los actuales. La protección contra las pestes desde el momento de la producción hasta el consumo es un problema difícil, particularmente en los trópicos húmedos. Los pesticidas son de uso general para este propósito ahora y seguirán siendo usados indudablemente por muchos años en el futuro.

CRECIENTE DEMANDA DE PESTICIDAS

El aumento en el uso de pesticidas en los Estados Unidos y en otras partes del mundo ha sido verdaderamente extraordinario (Fowler et al., 1976). En la opinión de muchos, incluyendo a este autor, el rumbo se continuará por muchos años más. Esto sucederá a pesar de nuestros mejores esfuerzos para usar tácticas alternativas de protección de cultivos tales

como variedades resistentes, control cultural, control biológico y otros, más una integración de dos o más de estos en los sistemas de manejo de pestes. Aún más, los insecticidas son ahora, y seguirán siendo en el futuro, la táctica más importante en los sistemas integrados de protección de cultivos, así como también los medios principales de protección de nuestros cultivos contra el surgimiento repentino de insectos que sucede como resultado de nuestras cambiantes prácticas culturales o por otras razones poco comprensibles. De esta manera, todas las indicaciones sugieren un uso extenso de insecticidas y otros pesticidas por, al menos algunas de las décadas siguientes.

VENTAJAS DEL USO DE PESTICIDAS EN EL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS

El uso generalizado de pesticidas en muchas partes del mundo es el resultado de su efectividad, economía, simplicidad de uso y conveniencia. Existen varias razones básicas por las cuales el uso de pesticidas es conveniente en los sistemas de control integrado de pestes.

En primer lugar, los pesticidas pueden ser una táctica efectiva de control solamente para el control de pestes en una situación dada, especialmente donde se necesita una intervención de emergencia. Ellos también tienen una rápida acción curativa para preveer el daño económico. Un fungicida aplicado periódicamente a manzanas puede prevenir pérdidas desastrosas debidas a un período de infección severa de sarna, insecticidas rápidamente degradables pueden aplicarse a las verduras dentro de uno o dos días de la cosecha para obtener un producto libre de insectos libre de insectos para su comercialización, o productos como el Malathión pueden usarse sobre amplias áreas para destruir insectos infectados con organismos letales de enfermedades humanas o animales.

Los pesticidas también ofrecen una amplia variedad de propiedades adaptables para la mayoría de los requerimientos del manejo de plagas. Por ejemplo, los herbicidas selectos ahora están disponibles para la mayoría de nuestros cultivos principales y muchos de los menores. Tenemos a nuestra disposición formulaciones correctas para una gran variedad de usos en edificios, granjas, bosques, animales y aún en el hombre.

Y finalmente, el costo del uso de pesticidas es menor en términos de las tácticas alternativas y beneficios obtenidos. Por ejemplo, las alternativas al uso de herbicidas en muchos cultivos es el cultivo intensivo manual y mecánico. La obra de mano para el primero puede ser muy costosa y puede aún no estar disponible. También el uso de herbicidas puede eliminar la necesidad de labranza,(como con el maíz que no necesita labranza) lo cual a su vez, reduce drásticamente la erosión del terreno. En el caso de fungicidas, nematicidas, rodenticidas e insecticidas la ganancia en la inversión puede ser muchas veces mayor. Las razones beneficio/costo de 29 a 1 se han encontrado para el control de insectos en papa (Metcalf, 1968).

DESVENTAJAS Y LIMITACIONES DEL USO DE PESTICIDAS

A pesar de las ventajas señaladas del uso de pesticidas, existen varias desventajas y limitaciones importantes que deben considerarse para asegurar su selección y uso correctos en el control integrado.

Resistencia Pestes.- La resistencia adquirida genéticamente de las pestes a la acción tóxica de los pesticidas ha sido la limitación más seria a su exitoso uso continuado. Este fenómeno se ha producido en varios cientos de especies de artrópodos hacia una variedad de insecticidas y acaricidas, en varios fitopatógenos hacia los fungicidas, en roedores hacia los rodenticidas y ahora hay evidencia de resistencia a los herbicidas en las malezas.

La resistencia a los pesticidas ha tenido casi efectos desastrosos en muchos programas de control. El uso continuado de insecticidas para el control de ciertas plagas de insectos del algodón, verduras y frutas ha agotado la efectividad de todos los materiales disponibles. El desarrollo de la resistencia en los vectores de malaria del Anopheles ha alterado seriamente los programas de control global y erradicación de la Organización Mundial de la Salud.

La presión constante de aplicaciones regulares y frecuentes de pesticidas casi siempre lleva eventualmente a la resistencia de las pestes. Nuestra mejor esperanza de prevenir o retrasar la resistencia es reducir la frecuencia de selección mediante la limitación en el uso de pesticidas y estimular el control mediante controles culturales y biológicos, lo cual podría destruir los mutantes de resistencia a pesticidas antes de que se reproduzcan.

Pestes Secundarias.- El uso de ciertos pesticidas ha tenido consecuencias indeseables en varios cultivos. Los insecticidas han inducido a plagas menores o secundarias en mayores mediante la eliminación de parásitos y predatores efectivos. Pueden citarse ejemplos en algodón, cítricos, manzanos y verduras; pero tal vez el ejemplo más espectacular ocurrió en el área de cultivo de algodón del Valle Inferior de Rio Grande en el Noreste de Méjico (Adkisson, 1971).

Siguiendo varios años de tratamientos intensivos contra el picudo mejicano, las pestes secundarias del gusano bellotero y gusano del tabaco, desarrollaron resistencia a todos los insecticidas disponibles alrededor de 1969. Como resultado el cultivo de algodón, fue casi completamente destruído y por 1970 se abandonó la producción de algodón en esta área. Situaciones similares pero menos espectaculares han ocurrido con otras clases de pesticidas.

Daño a Especies No Escogidas.- Sólo una porción de los pesticidas aplicados efectivamente alcanzan y se depositan en las especies correctas. El resto alcanza otros objetos y especies no escogidas. Algunos de estos pueden ser afectados adversamente. La acumulación por aplicaciones de tales herbicidas como 2,4-D puede ser muy dañino para cultivos sensibles como la

vid y el tomate. La acumulación de insecticidas han causado el surgimiento de querezas en arboledas cercanas de cítricos debido a la acción tóxica sobre los predatores de querezas.

Los insecticidas pueden ser muy destructivos para las abejas obreras y otros insectos polinizadores. En los programas de control integrado deben hacerse todos los esfuerzos para evitar los tratamientos con pesticidas nocivos cuando los cultivos están floreciendo y evitar aquellos materiales que se sabe que son destructivos para estos insectos útiles.

Muchos pesticidas son altamente tóxicos para especies no escogidas vertebradas y no-vertebradas. Las aplicaciones de DDT cerca de lagos y ríos han destruído peces y organismos acuáticos invertebrados. El uso del rodenticida 1080 muy tóxico ha causado muertes secundarias y aún terciarias de mamíferos y aves predatores de roedores.

Problemas por Residuos de Pesticidas.- Algunos pesticidas no requieren una acción residual para ser efectivos. Por ejemplo, el Paraquat es un herbicida por contacto y las piretrinas son insecticidas por contacto. Por otro lado, la mayoría de pesticidas tienen acción residual para proveer protección contra las pestes por un período de tiempo. Esta actividad residual es muy útil; pero la persistencia de los productos químicos o sus metabólites puede plantear un serio problema por los residuos. Cuando los pesticidas no son fácilmente biodegradables, tal como el DDT, pueden producirse serios peligros ambientales y humanos. La mayoría de pesticidas en la actualidad han sido escogidos, en parte, porque persisten el tiempo suficiente para ser efectivos; pero se degradan lo suficientemente rápido como para prevenir los problemas de residuos en alimentos o en el ambiente.

Peligros Humanos.- Muchos pesticidas son altamente tóxicos para una gran variedad de animales incluyendo al hombre. Algunos están entre los productos químicos más tóxicos conocidos. Con estos no hay margen para una aplicación poco cuidadosa o un almacenaje incorrecto. Los operadores de las asperjadoras, los pilotos, los trabajadores del campo, los cosechadores y especialmente los niños pueden ser envenenados severa, y aún fatalmente.

La seguridad humana debe ser una consideración primaria al escoger los pesticidas en los sistemas de control integrado de pestes. Muchos de estos programas requieren exploradores, consejeros técnicos y otros, para pasar largas horas en las áreas de cultivo donde se aplican los pesticidas. El uso de pesticidas persistentes peligrosos debe evitarse, o de otro modo, esta gente debe usar ropa y aparatos protectores apropiados. En secciones abrigadas y húmedas del mundo es sumamente incomodo y poco práctico el uso de las vestimentas protectoras actualmente disponibles. El mismo problema existe para los trabajadores del campo que están encargados de quitar las malezas, cultivar, cosechar, etc; se necesitan prácticas de manejo de pesticidas para proteger a estas personas.

SELECCION Y USO CORRECTO DE LOS PESTICIDAS

Idealmente, un pesticida debe controlar sólo la peste (o pestes) presente, no debe ser dañino para las especies benéficas, incluyendo la planta de cultivo, así como debe ser inofensivo para el hombre y el ambiente. Desafortunadamente existen muy pocos ejemplos de tales materiales entre las clases de pesticidas. Los rodenticidas anticoagulantes están cerca del ideal porque son muy específicos y, cuando se le usa, tiene poco o casi ningún impacto perjudicial en las especies no escogidas. Algunos acaricidas y aficidas sistémicos que tienen poco contacto o poca actividad residual superficial son también muy buenos. Los herbicidas 2,4-D específicos para hoja ancha están cerca del ideal porque mantienen el césped libre de maleza.

Generalmente, sin embargo, los problemas de control de pestes comprenden algunas pestes disímiles. Por ejemplo, en manzanos puede haber escarabajos, áfidos, cigarritas, larvas de lepidopteros, ácaros y otros, presentes al mismo tiempo. Un insecticida específico para cada uno, aún si estuviera disponible, sería poco práctico, y encontrar un producto químico aislado que los controle a todos y no sea nocivo para las especies benéficas, es poco probable. Hay , sin embargo, diferentes formas de especificidad que son útiles en el C.I.P. (Control Integrado de Plagas) y serán discutidas aquí.

Selectividad Fisiológica.- Los herbicidas desarrollados para uso en el cultivo son activos, necesariamente, contra malezas pero no el cultivo en el cual se les está usando. El interés en desarrollar pesticidas fisiológicamente selectos en otras clases ha aumentado en los últimos años. Tales compuestos tienen como objetivo algún modelo de desarrollo específico o alguna actividad fisiológica. Algunos ejemplos son las toxinas biológicas en el *Bacillus thuringiensis*, las hormonas juveniles, las hormonas anti-juveniles, y los inhibidores de quitina. Ciertos pesticidas convencionales también tienen especificidad para grupos de pestes como por ejemplo un número de acaricidas. El plictran es relativamente no-tóxico para los insectos y varias especies de ácaros predatores, y aún es muy efectivo contra muchas especies de ácaros fitófagos. Algunos de los más nuevos fungicidas orgánicos, como el benomil, tienen especificidad fisiológica considerable entre las enfermedades de plantas.

Relativamente pocos pesticidas fisiológicamente específicos (excepto los herbicidas)probablemente estarán disponibles en el futuro, no sólo porque son difíciles de encontrar, sino también porque el mercado de uso para los pesticidas específicos es característicamente pequeño y hay poco incentivo para las inversiones industriales en su desarrollo.

Selectividad a través de la Aplicación.- Existen tres medios primarios mediante los cuales se puede obtener una selectividad deseable mediante la tecnología de la aplicación: (1) Método de Aplicación;(2) proporción de aplicación y (3) tiempo de aplicación.

1.- Métodos.- Los pesticidas de amplio espectro pueden usarse selectivamente mediante la forma en que son aplicados. Los herbicidas por contacto pueden aplicarse con seguridad usando resguardos para prevenir el contacto del rocío con las plantas de cultivo. Los fungicidas e insecticidas pueden aplicarse como tratamientos de la semilla o como tratamientos granulares al momento de la siembra para lograr el control de enfermedades e insectos sin causar la mortalidad de organismos no escogidos. Los cebos de rodenticidas pueden colocarse en recipientes que excluyan las especies deseables. Los atrayentes específicos pueden usarse para atraer solamente a las especies de pestes, tales como las moscas de la fruta, hacia un veneno de amplio espectro.

2.- Proporción de Aplicación.- Usualmente hay alguna variabilidad en la susceptibilidad de las especies a los pesticidas de amplio espectro. Mediante la reducción de la dosis al mínimo absoluto requerido para controlar las especies dañinas de pestes, el impacto en las especies benéficas puede reducirse lo suficiente como para asegurar la supervivencia. Por ejemplo, mediante la reducción de la proporción de aplicación del azinfosmetil, el predator coccinélido, Stethorus punctum fue capaz de sobrevivir y controlar las arañitas rojas europeas en los huertos de manzanos en Pennsylvania (Asquith, 1971).

3.- Tiempo de Aplicación.- Existen muchos ejemplos donde pueden usarse con seguridad los pesticidas de amplio espectro mediante una programación cuidadosa. El uso preventivo de herbicidas es un ejemplo común. Evitando el uso de insecticidas u otros pesticidas nocivos para el cultivo durante el florecimiento previene la destrucción de abejas obreras y otros insectos polinizadores. Si debe hacerse el tratamiento durante el florecimiento, puede aplicarse un insecticida con corta actividad residual en las noches, cuando las especies benéficas no están presentes. Similarmente, una programación cuidadosa de las aplicaciones de los pesticidas a menudo puede hacerse antes de que los organismos benéficos estén presentes o cuando ellos están en una etapa no-susceptible o en lugares protegidos. Es esencial el conocimiento detallado del ecosistema incluyendo las actividades durante la estación de los organismos benéficos y de pestes para sacar una ventaja completa de esta tecnología selectiva.

SELECCIONANDO PESTICIDAS PARA SU USO EN EL C.I.P

Cuando una decisión considera que es necesario el control químico para prevenir pérdidas inaceptables debidas a la peste o complejo de pestes, la siguiente pregunta es qué pesticida o combinación debe usarse. De lo anterior es obvio que la selección de un pesticida (s) apropiado(s) debe basarse en algo más que en su eficacia contra la(s) plaga(s) que va a ser controlada. Algunas de las consideraciones más importantes son:

1.- Seguridad Humana.- ¿Puede aplicarse el pesticida sin el riesgo indebido para los aplicadores y otros en el área? ¿Puede el personal de manejo de pestes trabajar con seguridad en el área tratada, como es necesario?.

2.- Efectos Ambientales.- ¿ Creará el pesticida un peligro para la fauna y flora del área? ¿Habrá un problema de contaminación de cultivos, animales y agua cercanos?.

3.- Espectro de Actividad.- ¿Es el espectro de actividad apropiado para las pestes comprendidas? ¿Bastaría un pesticida de estrecho espectro y tendría menos efectos secundarios?.

4.- Resistencia.- ¿Ha desarrollado alguna de las pestes características de resistencia al pesticida(s) elegido(s)?

5.- Impactos Secundarios Potenciales.- ¿Existen problemas secundarios que surgirán si se destruyen los organismos benéficos o se eliminan las competencias entre especies?.

6.- Aplicación.- ¿Cuáles serán la proporción óptima, método de aplicación y programación de aplicación que producirán óptimos resultados con el menor número de efectos secundarios inconvenientes?.

7.- Residuos en el cultivo.- ¿Producirá el insecticida que va usarse residuos inaceptables en el cultivo?.

8.- Razón Beneficio/Riesgo.- ¿Compensarán adecuadamente los beneficios del uso del pesticida el costo del material, la aplicación y los posibles efectos secundarios perjudiciales?

La cuidadosa consideración de las respuestas a estas preguntas ayudará a asegurar la mejor elección y el uso seguro de pesticidas en el control integrado de pestes.

Bibliografía

Adkisson, P. L. (1971) Objective uses of insecticides in agriculture. Agr. Che. Symp., pp. 43-51.

Asquith, D. (1971) The Pennsylvania integrated control program for apple pests - 1971. Penn. Fruit News 50:43-47.

Ferino, M.P. (1968a). A new species of Hydrellia (Ephydridae, Diptera) on rice. Philipp. Entomol. 1(1): 3-5.

Ferino, M.P. (1968b). "The biology and control of the rice liaf whorl maggot, Hydrellia philippina Ferino (Ephydridae, Diptera)". M.S. Thesis University of the Philippines (82 pp.).

Fowler, D.L., and Mahan,J.N. (1976). "The pesticide review 2975". USDA Agriculture Stabilization and Conservation Service. Washington,D.C.

Horsfall, H.F. (1972). "Genetic vulnerability of major crops". National Academy of Sciences (307 pp.).

Metcalf, R.L. (1968). Methods of estimating effects. pp. 17-29 in Chichester, C.O., ed., Research on Pesticides. Academic Press, New York.

Pathak, M.D. (1967). Recent developments in and future prospects for the chemical control of the rice stem borer at IRRI, pp. 335-349, in "The Major Insect Pests of the Rice Plant". Johns Hopkins - Press, Baltimore, Maryland.

Smith, R.F. (1972). The impact of the green revolution on plant protection in tropical and subtropical areas. Bull. Entomol. Soc. Am. 18 (1): 7-14.

EL USO SELECTIVO DE LOS INSECTICIDAS

Fausto H. Cisneros
Jefe del Departamento de Sanidad Vegetal
Director del Programa de Agronomía
Universidad Nacional Agraria. La Molina.

INTRODUCCION

Una característica general de los insecticidas es que afectan un sistema vital de los insectos, generalmente el sistema nervioso, que esencialmente es común a todos los insectos sean fitófagos, parásitos o predatores. Como consecuencia los insecticidas no solamente afectan a las plagas sino también a sus enemigos naturales, esta última acción produce la rápida resurgencia de la plaga previamente afectada por el tratamiento y, lo que es peor, provoca la aparición de "nuevas plagas", llamadas también "plagas secundarias" o "plagas provocadas por el hombre". Este último fenómeno, considerado una característica del uso y sobre todo del abuso de insecticidas de los tiempos modernos, ha provocado verdaderas catástrofes agrícolas a niveles de fundos, valles y regiones. Las nuevas plagas desarrolladas por la destrucción de sus enemigos naturales por pesticidas normalmente son tolerantes y muy difíciles de controlar por los métodos químicos.

La alternativa para evitar todos estos problemas es el uso de insecticidas selectivos, es decir de substancias que tengan la capacidad de destruir a las plagas sin causar daño a los enemigos naturales de la plaga contra la que se dirige el tratamiento ni a los enemigos naturales de los otros fitófagos que se encuentran a niveles subeconómicos. Según Smith (1970) el material selectivo ideal no debería eliminar a todos los individuos de la plaga pues el mantenimiento de bajas poblaciones de la misma es esencial para la continuidad de los predatores y parásitos. Desafortunadamente estos productos prácticamente no existen y, de existir, su empleo sería muy complicado ya que normalmente hay necesidad de combatir más de una especie dañina y los costos de los productos serían extremadamente altos por la reducción del mercado. Sobre estos aspectos se tratará más en detalle posteriormente.

La selectividad en el efecto que se da cuando distintos organismos son expuestos directamente a un insecticida fue calificada por Ripper (1951) como "selectividad fisiológica", para diferenciarla de la "selectividad ecológica" que se refiere al hecho que una especie llegue a ponerse en contacto o no con un insecticida por diferencias de comportamiento o habitat.

En efecto, productos que básicamente no son selectivos pueden ser usados con una orientación selectiva, con tal propósito se trata de aprovechar las características ecológicas y de comportamiento de las plagas o de sus enemigos naturales así como las características físicas de las formulaciones de pesticidas, de las técnicas de aplicación y los niveles de dosificación.

Aún cuando es concenso entre los investigadores y técnicos de protección de plantas la necesidad del uso selectivo de pesticidas, los aportes concretos en este campo todavía son relativamente escasos. A continuación se presentan algunas consideraciones sobre el uso selectivo de insecticidas.

Selectividad Toxicológica o Fisiológica

Aún cuando los insecticidas afectan sistemas vitales comunes a todos los insectos es un hecho que existen diferencias en el grado de susceptibilidad entre especies o grupos de especies (uno o varios géneros o familias relacionadas) frente a un determinado insecticida. Las diferencias se deben a una mayor o menor tasa de penetración del insecticida al insecto, a fenómenos de almacenamiento y excreción, diferencias en penetración, grado de ataque y efectos sobre el sistema susceptible; pero sobre todo a diferencias en el proceso metabólico del producto en el organismo del insecto, fenómeno por el cual el producto puede descomponerse más o menos rápidamente o, por el contrario, volverse más activo. En ambos casos actúan procesos enzimáticos.

Este tipo de selectividad ha sido estudiada entre distintas especies dañinas pero poco se le ha asociado con los insectos benéficos. Debe indicarse sin embargo, que desde el punto de vista toxicológico la calificación de una especie como fitófago, insecto benéfico o indiferente, es meramente accidental, consecuencia del interés del hombre, y carece de implicaciones fisio-toxicológicas.

En general se consideran tres categorias de insecticidas (Unterstenhöfer 1970).

1.- Sustancias activas Monotóxicas: substancias que, en virtud de sus propiedades específicas, afectan solamente a una especie. Son substancias extremadamente raras, como el Nitrocarbazol que se usó contra las polillas de la vid, Clysia y Polychrosis en Europa, desde 1942 sin que se le haya encontrado otro uso, hasta que fue desplazado por insecticidas de más amplio espectro para poder combatir simultáneamente otras plagas de la vid.

2.- Substancias activas Oligotóxicas: substancias con un espectro de acción restringido a un número limitado de especies (dentro de un rango relativamente amplio de dosificaciones) que reaccionan de manera análoga trate se de plagas, organismos utiles o indiferentes. Parecen ser las sustancias más abundantes. En los cuadros N°1 y N°2 se dan ejemplos de estos compuestos.

Tabla N°1.- Toxicidad selectiva de Schradan (insecticida fosforado)

Especie	L_{50} (mg/kg) topical
Afido del sauce	22
Chinche de cucurbitáceos	16
Cigarrita verde del arroz	160
Mosca casera	1,932
Cucaracha americana	2,170

Según Saito (1961).

Tabla N°2.- Toxicidad selectiva de Zectran (insecticida carbamato)

Especie	DL_{50} (ppm)
Escarabajo mejicano del frijol (larva)	3
Afido del frijol	60
Gorgojo del ciruelo	65
Mosca casera	300
Cucaracha americana	500

Según Kenaga et al. (1962)

3.- Substancias activas Politóxicas: actúan contra un número muy grande de especies, tanto plagas como organismos útiles e indiferentes. Son las sustancias preferidas por los agricultores y por los "técnicos" del control químico, porque tienen uso polifacético combatiendo simultáneamente varias plagas, resulta inmediatamente efectivo aunque el diagnostico del problema entomológico sea imperfecto y porque son más baratos, pues su mayor volumen de producción permite prorratear los costos de desarrollo sobre muchas unidades de productos. A su vez son las substancias que menos coinciden, desde el punto de vista toxicológico, con la orientación del Control Integrado.

Relacionado con el uso selectivo de pesticidas está el hecho de que ciertos insectos benéficos han desarrollado resistencia a los pesticidas Croft y Brown (1975) presentan una revisión sobre este tema destacando la presencia de ácaros predatores de arañitas rojas que son resistentes a azinfos metílico, carbaryl, gardona y paration (Tabla N°3). Estos fenómenos amplian las posibilidades de efectos selectivos de pesticidas.

Tabla N°3 : pág. 4

Tabla N°3.- Predatores que han desarrollado resistencia a pesticidas.

Especie	Insecticida	Proporción de Resistencia
Typhlodromus occidentalis	Azinfos metílico	101
"		104
T. pyri	"	10
Amblyseius fallacis	"	83-100-117,944
	Carbaryl	25-77
	Gardona	25-28
	Parathión	59-103
	Phosmet	46
Coleomegilla maculata	DDT	6
	Paration metílico	10-35
Macrocentrus ancylivorus a)	DDT	4-12
Bracon mellitor a)	DDT-Toxafeno	8
	DDT	4
	Carbaryl	4
	Paration metílico	4

a) Resistencia inducida en laboratorio; los demás son desarrollados de resistencia en el campo.

Información recopilada por Croft y Brown (1975) de diferentes autores.

En unos experimentos realizados en la Universidad Nacional Agraria para evaluar la efectividad de diversos pesticidas contra la mosca minadora de la papa se recolectaron periódicamente foliolos de los que emergieron tanto puparios como himenópteros parasitos en las proporciones que se indican en la Tabla N°4. (González, 1978). Todavía no se ha hecho un minucioso examen de estos resultados pero es sorprendente la persistencia de la emergencia de parásitos durante el ensayo.

Tabla N°4.- en la página 5.

Tabla N°4.- Efecto de diversos insecticidas en la proporción de puparios de moscas/minadores y el número de parásitos emergidos en un cultivo de papa.

Insecticida I.A/ ha	Número de parásitos por 100 puparios a)				
	Antes de la aplic.	Después de primera aplicación.		Después de segunda aplicación	
		3 días	12 días	1 día	12 días
Testigo	15	21	41	73	49
Ometoato (0.8)	11	22	99	74	64
Dimetoato (0.6)	13	21	81	79	51
Mercaptopropafos (0.6	13	16	72	82	54
Belmark (0.12)	L4	17	88	89	57
Ripcord (0.04)	L5	16	77	228	88
Ambush (0.04)	L4	21	81	88	52
Metamidofos (0.8)	L9	11	91	107	56
Monocrotofos (1.0)	L3	9	42	33	36
Clortiofos (1.0)	L5	4	38	30	32

a) los puparios y los parásitos fueron obtenidos de foliolos de papa recogidos de las parcelas tratadas y guardadas en bolsas de papel kraft (Según González, 1978).

Selectividad por efecto fugaz

El efecto fugaz de ciertos insecticidas permiten su uso selectivo en dos modalidades. Que sus aplicaciones sean hechas cuando los enemigos naturales se encuentran predominantemente en una forma tolerante, como por ejemplo el estado pupal, sin dejar residuos que afecten a los adultos que emerjan de las pupas; o que las aplicaciones, totales o parciales, permitan una repoblación rápida de insectos benéficos desde campos vecinos, de la vegetación de los bordes o por recolonización artificial. Entre los insecticidas de efecto fugaz se encuentran la nicotina, el Fosdrin, Zectran y otros.

Selectividad por Ingestión

Ciertos productos insecticidas deben ser ingeridos para que puedan actuar en el organismos del insecto, pues carecen de efecto de contacto o este es muy limitado. Tal es el caso del arseniato de plomo que se utiliza en el país para combatir a los gusanos de la hoja del algodonero, al picudo y, en cierta proporción al gusano bellotero. Estos tratamientos no afectan significativamente a la fauna benéfica salvo que se trate de espolvoreos de arseniato de calcio. En este caso las partículas de polvo que se adhieren a los apéndices de los parásitos y predatores pueden ser ingeridos por estos insectos durante la operación de limpieza de los apéndices utilizando las piezas bucales. Se considera que el in-

cremento de la población de áfidos despues de las aplicaciones de espolvoreos de arseniato de calcio se debe en gran parte a este efecto.

Entre los nuevos productos de ingestión están las formulaciones de "bioinsecticidas" o base del Bacillus thuringiensis y los reguladores de crecimiento de insectos, "Dimilin" y otros productos relacionados. El efecto de las toxinas contenidas en B. thuringiensis está restringido a las larvas de algunos lepidopteros. De la misma manera "Dimilin" ha mostrado efecto selectivo para larvas masticadoras del follaje.

Selectividad por Acción Sistémica

Los insecticidas sistémicos se utilizan para destruir a plagas picadoras-chupadoras como áfidos, cigarritas, trípidos y arañitas rojas. Estos productos penetran la cutícula de las hojas y se traslocan por el xilema. Una vez que el producto ha sido absorbido generalmente no dejan residuos superficiales que puedan afectar a los enemigos naturales. Solo los predatores con régimen alimenticio mixto carnivoro-fitófago, como algunas especies Miridae y Anthocoridae son marcadamente afectadas. Se produce además un efecto del contacto poco selectivo durante el proceso de aspersión.

Existen insecticidas sistémicos que se aplican al suelo de donde son absorbidos por las raices y concentrados en las partes de la planta en pleno crecimiento. Entre estos compuestos está el adicarb, carbofuran, forato disulfoton y otros. Algunos compuestos son absorbidos al ser aplicados a los tallos de los árboles pero parece que los riesgos de fitotoxicidad pueden ser un factor limitante a esta forma de aplicación .

En la Tabla N°5 se presenta una relación de insecticidas sistémicos.

Tabla N°5.- pág. 7

Tabla N°5.- Relación de insecticidas sistémicos de plantas.

Productos fundamentalmente sistémicos	Sistémicos con marcado efecto de contacto
Compuestos Fosforados	
Aplicación foliar	Mevinfos
dimefox	dimetoato
demeton	fosfamidon
demeton-M	dicrotofos
tiometon	formotion
vamidotion	"Menazon"
"Heptenophos	"Cytrolane"
	ometoato
Aplicación al suelo	metamidofos
	monocrolofos
forato	acefato
difulfoton	
"Aphidan"	
"Isothioate"	
Compuestos Carbamatos	
Aplicación foliar	
dimetan	oxamyl
pirimicarb	"Isolan"
etiofencarb	"Metacrate"
	"Dacamox"
Aplicación al suelo	
aldicarb	
metomyl	
carbofuran	

Selectividad por efecto acaricida

Existe un número de compuestos acaricidas que tienen poco efecto insecticida y que pueden ser usados selectivamente contra las arañitas rojas ni afectar substancialmente a los parásitos y predatores de las plagas. Algunos compuestos acaricidas tienen también marcado efecto insecticida y, finalmente, hay acaricidas con marcado efecto fungicida, especialmente contra oidiosis. En la Tabla N°6 se presentan algunos compuestos.

Tabla N°6.- Relación de productos acaricidas y sus efectos adicionales de insecticidas y fungicidas.

Compuestos fundamentalmente acaricidas	Insecticidas Acaricidas	Acaricidas fungicidas
Clorobencilato	clorofenamidina	azufre
Dicofol	"Mitac"	dinocap
tetradifon	"Tranid"	tioquinox
propargito	mevinfos	binapacril
"Plictran"	carbofenotion	dinobuton
clorbensido	protoato	dinocton-O
clorfensulfuro	etion	quinometionato
fluorbensido	fenitrotion	
cloropropilato	formotion	
fenbutatin-oxido	fentoato	
"Aramite"	metoato	
clorfenson	triazofos	
"Vendex"	metamidofos	
clorfenetol	dioxation	
fenson	disulfoton	
tricyclazol	amidition	
"Neotran"	endotion	
tetrasul	triamifos	
"Pentac"	aldicarb	
"Neoron"	metiocarb	
	formetanato	
	"Talcord"	
	oxamyl	
	"Dacamox"	

Selectividad por acción de sofocación

Los aceites agrícolas emulsionables se utilizan en el control de queresas diaspídidas de frutales, huevos de ácaros y diversos insectos cubriéndose con una película de aceite e interfiriendo con sus procesos de respiración además de cierto efecto tóxico directo. Estos productos son relativamente inocuos para insectos móviles, entre ellos los insectos benéficos por lo menos en lo que a residuos respecta. Durante la aplicación según la concentración y grado de aceite puede producirse un efecto detrimental relativamente pequeño. El uso de aceites agrícolas solos, del 1.0 al 1.5 por ciento o en mezclas con rotenona, de 50 a 100 gr. de rotenona 6% por litro de aceite, pueden considerarse favorablemente en programas de Control Integrado de Plagas en cítricos (Beingolea et al 1969). La rotenona amplia la acción de unos pocos insectos como áfidos y mosca blanca con reducido efecto sobre la fauna benéfica, sobre todo a las concentraciones más bajas.

Selectividad por Dosificación de uso

Las dosis de insecticidas corrientemente recomendadas suelen producir mortalidades totales en exceso y carecen, en este sentido, de selectividad. Manipulando las dosis de algunos insecticidas, sobre todo de productos oligotóxicos es posible lograr cierto efecto selectivo, o más propiamente, reducir el efecto detrimental del tratamiento sobre la fauna benéfica. En gran parte, la amplitud de radio de acción de un producto es función de la dosis; a mayor dosis mayor el número de organismos afectados. Naturalmente que las substancias politóxicas tienen un efecto más amplio aún dentro de un rango más estrecho de dosificaciones. La idea es usar las substancias oligotóxicas a la concentración más baja posible adaptada al estadio de desarrollo más sensible de la plaga.

Juan Herrera (1962) encontró que dosis bajas de Metasystox (165 cc. de producto comercial por hectárea en lugar de los 1,000 c.c. recomendados corrientemente) resultaba en una mortalidad del 98 por ciento de la población de áfidos del algodonero y preserva a los enemigos naturales tanto de los áfidos como de otras plagas. Los primeros daban cuenta de los áfidos sobrevivientes. La práctica de este sistema por más de diez años ha demostrado que no es disruptiva ni genera el desarrollo de resistencia de los áfidos al producto, como se pensó en un comienzo que podría ocurrir.

Turnipseed et al (1974) recomienda dosis mínimas de varios insecticidas en el control de plagas de la soya. Así contra Anticarsia gemmatilis recomienda Carbaryl a 300 gr. I.A/há y contra los gusanos medidores Plusia spp., metomyl a 500 gr I.A./há.

Selectividad por la Forma de Aplicación

Las diversas formulaciones comerciales de pesticidas, las diversas formas en que ellos pueden ser aplicados y el grado de cobertura que se de a la planta tratada o al área del campo tratado, ofrecen posibilidades de manejo para reducir el efecto nocivo que tienen las aplicaciones de pesticidas sobre los parásitos y predatores.

1.- Efecto de las Formulaciones: De las principales formulaciones de los insecticidas, los granulados y los cebos tienden a minimizar los depósitos de insecticidas y consecuentemente reducir el contacto entre los insecticidas y los enemigos naturales. Por el contrario, las pulverizaciones finas, y, sobre todo, los espolvoreos producen los depósitos menos controlados en su dispersión.

Un ejemplo clásico en nuestro medio es la alternativa que se da en el control del "cogollero del maíz" Spodoptera frugiperda contra el cual se pueden aplicar tanto pulverizaciones como granulados. Es bien conocido que la aplicación de granulados al cogollo concentra la acción del insecticida a la plaga dejando las hojas sin depósitos que puedan afectar a los insectos benéficos, al mismo tiempo se reduce la cantidad de materia activa que se aplica por hectárea.

2.- Aplicaciones a la semilla: Las aplicaciones de insecticidas a la semilla es una manera de proteger a la semilla en germinación y a las plantitas tiernas contra diversas plagas subterráneas y, ocasionalmente plagas de la parte aérea, con mínimo efecto disruptivo. Tal es el caso de las aplicaciones de aldrín a la semilla del algodonero contra el "Gorgojo de la chupadera", Eutinobothrus gossypii y otras plagas, a la dosis de 10 a 12 Kg. de aldrín 2.5%, o preferiblemente, 3 Kg. de aldrín 10% para 100 Kg. de semilla.

Las cantidades de insecticidas distribuidas así son muy pequeñas, con frecuencia menos de 60 gr. de I.A. de compuestos clorados o fosforados para diversos cultivos de surco (Newson, 1970). Ruppel et al (1970) (citado por Klassen y Brazzel, 1974) reportan que el uso de 200 gr. o menos de propoxur para 100 kg. de semilla de avena protege a las plantitas contra el escarabajo de la hoja de los cereales por más de un mes.

3.- Cobertura parcial

Muchas especies de insectos suelen preferir en forma permanente o temporal una parte determinada de la planta. En ciertos casos es posible dirigir la aplicación y dejar depósitos preferentemente en estos lugares con lo que se logra controlar la plaga que allí se encuentra al mismo tiempo que se reduce el daño a la fauna benéfica que se ocasionaría con una aplicación total. Entre los ejemplos que se pueden citar estan los siguientes: la aplicación localizada de sulfato de nicotina a los brotes de cítricos infestados con áfidos mediante el uso de pulverizadores de mochila con lanzas portaboquillas alargadas. Las aplicaciones dirigidas a los terminales del algodonero para combatir las larvas pequeñas de Heliothis. El tratamiento del tercio superior de la planta de tabaco para combatir las larvas del gusano cachudo que prefiere las hojas tiernas (Guthrie et al, 1959).

Para el control de la arañita roja europea del manzano, Panonychus ulmi, Meyer y Luckman (1970)(citado por Metcalf 1972) recomiendan la aplicación de una sola pulverización cuando es necesaria sobre la periferie del árbol para destruir los estados invernantes del ácaro que están localizados en los extremos de las ramas, de esta manera no se afecta substancialmente al ácaro predator Neoseiulus fallacis que inverna en los troncos.

4.- Cobertura parcial del área

descubrimiento y localización oportunas de los focos de infestación. Beingolea y otros (1969) presenta este tipo de tratamientos en el caso de cítricos.

Otra modalidad es la aplicación de franjas alternas cuyos resultados todavía no son concluyentes debido a la poca experimentación que se ha hecho sobre este sistema. Es indudable que la naturaleza del insecticida juega un rol importante en el resultado. Misra (1977) reporta aplicaciones de franjas de 12 surcos alternados con franjas sin tratar en el cultivo de arroz utilizando Cytrolane en gránulos y paratión en aspersiones. Los predatores, particularmente las arañas, sobrevivi n bastante bien en el tratamiento en franjas y los rendimientos fueron algo mayores que los tratamientos totales y el Testigo sin tratamiento.

Actualmente la Universidad Nacional Agraria está experimentando con tratamientos en franjas alternas de aldicarb en el cultivo del algodonero evaluando los efectos tanto sobre las plagas como sobre los enemigos naturales. Estos trabajos se realizan con la colaboración de FUNDEAL.

Selectividad por atracción de cebos tóxicos

La utilización de cebos tóxicos, es decir de mezclas de atrayentes con insecticidas, se acerca al uso ideal de los pesticidas, con gran efecto selectivo y pequeñas cantidades de materia activa por hectárea. El grado de selectividad y la eficiencia del tratamiento depende fundamentalmente de las características del atrayente.

Es un método generalizado en el país y otras partes del mundo, la utilización de aspersiones restringidas de cebos contra las moscas de la fruta. Una fórmula común en nuestro medio es la mezcla de proteína hidrolizada o melaza con un insecticida. De la misma manera se utilizan cebos contra el arrebiatado del algodonero, los gorgojos del tallo de la caña de azúcar, los gusanos de tierra, y otras plagas.

En áreas reducidas, como pequeñas islas, es posible lograr la erradicación de una especie si se cuenta con un atrayente suficientemente eficiente. Tal es el caso de la erradicación de la mosca oriental de la fruta en la Isla de Rota a base de metilengenol como atrayente de manhos y el insecticida naled (Steiner y otros, 1965).

Con cebos a base de Mirex es posible controlar la hormiga del juego, Solenopsis geminata en forma efectiva con cantidades muy pequeñas de materia activa (4 gr. por hectárea).

Bibliografía

Beingolea, O., Salazar, J. e I. Murat. 1969. La rehabilitación de un huerto de cítricos, como ejemplo de factibilidad de aplicar sistemas de Control Integrado de Plagas de los Cítricos en el Perú. Rev. Peruana de Entomolog. 12 (1): 3-45.

Cisneros, F.H. 1974. Principios de Control de Plagas. Textos mimeografiados. Universidad Nacional Agraria. LA Molina. Volúmenes I y II.

Croft, B.A. y A.W.A. Brown. 1975. Response of arthropods natural enemies to insecticides. Annual Review of Entomology. 20:285-335.

González V.,A. 1978. Comparativo de insecticidas para el control de la mosca minadora, Liriomyza huidobrensis Blanchard, en el cultivo de papa. Tesis sin publicar. Univ. Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 71 p.

Guthrie, F.E., R.L. Rabb, T.G. Bowery, F.R. Gawson, y R.L. Baron 1959. Control of hornworms and budworms on tobacco with reduced insecticide dosage. Tob. Sci. 3: 65-68.

Herrera, J.M. 1962. El control del pulgón de la melaza (Aphis gossypii Glover) al finalizar la campaña algodonera 1961-62. Est. Exp. Agrícola de Cañete. Circular N°38. DEF.

Kenaga, E.E., Doty, A.E. y J.L. Hardy. 1962. Laboratory Insecticidal Tests with 4-Dimethylamino - 3,5-xylyl Methyl carbamate. J. Econ. Entomol. 55:466-469.

Klassen, W. y J.R. Brazzel. 1974. Insecticides as components of modern pest management practices. Proc. of the FAO Conference on Ecology in relation to plant pest control. Roma. 1974:97-111.

Metcalf, R.L. 1972. Selective use of insecticides in pest management. In Implementing Practical Pest Management Strategies. Extension Service, U.S.D.A. and Cooperative Extension Service, Purdue University, Lafayette.Ind. 74-91.

Meyer, R. y W.H.Luckman. 1970. Pesticides and pest control systems. Agriculture's Role in Environmental Quality. Proc. First Allerton Conf. on Environmental Quality. Univ. Illinois. College of Agriculture.

Misra, U.S. 1977. Insecticidal sprays in alternate strips protect spider predators in paddy. International Rice Research Newsletter 2-1 (Feb-1977):9.

Newsom, L.D. 1970. The end of an era and future prospects for insect Control. Proc. Tall Timbers Conf. on Ecological Animal Control by Habitat Management (2) 117-136.

Ripper, W.G., Greenslade, R.M. y G.S. Hartley. 1951. Selective Insecticides and Biological Control. J. Econ. Entomol. 44: 448-459.

Ruppel, R.F., J. Velarde, y S.L. Taylor. 1970. Integrated Control of the cereal leaf beetle. Michigan State Univ. Res. Rept., 122:5-6.

Saito, T. 1961. Studies on selective Toxicity of Schradan. Bull N°1., Lab. Appl. Entomol. Nagoya. Univ. Japon.

Smith, R.F. 1970. Pesticides: their use and limitations in Pest Management. In Concepts of Pest Management editado por R.L. Rabb y F.E. Guthrie. 103-113.

Steiner, L.F., Mitchell, W.C., Harris, E.J., Kozuma, T.T. y M.S. Fujimoto. 1965. Oriental fruit fly eradication by male annhilation. J. Econ. Entomol. 58:961-964.

Turnipseed, S.G., J.W. Todd, G.L. Greene,y M. H. Bass, 1974. Minimum rates of insecticides on soybeans. Mexican bean beetle, green cloverworm, corn earworm and velvetbean caterpillar.J. Econ. Entomolog. 67:287-291.

Unterstenhöfer, G. 1970. Fitosanidad Integrada desde el punto de vista de la investigación de productos fitosanitarios de la Industria Química. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 23(4): 280-289.

APLICACION TERRESTRE DE PESTICIDAS

Dr. Fausto H. Cisneros
Jefe del Departamento de Sanidad Vegetal
Director del Programa de Agronomía
Universidad Nacional Agraria, La Molina.

Las modalidades más generalizadas de aplicaciones de pesticidas, son las pulverizaciones y los espolvoreos. En menor proporción se efectúan las aplicaciones de granulados y muy raramente inyecciones al suelo y fumigaciones (aplicaciones de gases) al suelo en áreas restringidas.

En las pulverizaciones se emplean máquinas llamadas pulverizadoras, asperjadoras, aspersoras o rociadoras, y en los espolvoreos, las espolvoreadoras. En ambos casos se trata de distribuir el insecticida de manera uniforme sobre toda la superficie de la planta, en forma de gotitas o en forma de finas partículas de polvo respectivamente.

MAQUINAS ASPERSORAS O PULVERIZADORAS

Existe una gran diversidad de máquinas aspersoras diseñadas para satisfacer las más variadas exigencias de trabajo. Las aspersoras pueden diferir en forma, tamaño, rendimiento, sistema de propulsión, sistema de pulverización, volumen de descarga, etc; y pueden agruparse o clasificarse considerando cualquiera de estas características. Pero la diferencia fundamental está dada por el sistema de pulverización del líquido; es decir, por el sistema que se utiliza para que una masa de líquido se convierta en pequeñas gotitas. Se distinguen tres sistemas de pulverización.

a) sistema hidráulico, que consiste en hacer pasar un líquido a presión por un orificio pequeño.

b) sistema neumático, que consiste en dejar caer una pequeña cantidad de líquido en una fuerte corriente de aire, y

c) sistema rotatorio, que consiste en dejar caer un poco de líquido sobre un disco o cilindro que gira a alta velocidad.

De acuerdo a estos mecanismos, las aspersoras se dividen en tres tipos fundamentales; aspersoras hidráulicas, aspersoras neumáticas y aspersoras rotatorias, siendo las dos primeras las más ampliamente utilizadas.

ASPERSORAS HIDRAULICAS

Toda aspersora hidráulica consiste fundamentalmente de las siguientes partes: un recipiente o tanque para contener el líquido insecticida, un mecanismo que desarrolla presión en el líquido, y una boquilla donde se produce la pulverización. Como componentes accesorios del sistema, se encuentran las mangueras, filtros, agitadores, cámaras de presión, válvulas, manómetros, llaves de cierre, etc.

El tanque o recipiente.-

Los recipientes para los insecticidas varían de acuerdo con el tamaño y la utilización que tienen las aspersoras. En las aspersoras manuales de uso casero, los recipientes son pequeños, no más de un litro de capacidad; mientras que en las grandes aspersoras motorizadas para frutales los tanques pueden llegar a tener una capacidad de 2,500 litros o más. El material de construcción puede ser acero inoxidable, bronce, hierro galvanizado, aluminio, fibra de vidrio, diversos plásticos, o madera. Si los tanques son de metal generalmente van recubiertos de un material anticorrosivo -- pues muchos insecticidas tienden a corroer los metales.

El sistema de presión o de bombeo.-

La presión del líquido puede desarrollarse por dos mecanismos diferentes: (a) por compresión de aire o gas en el tanque; y, más comúnmente, (b) por acción de una bomba hidráulica sobre el líquido. En ambos casos el líquido es forzado a salir por los tubos hacia las boquillas.

a) Compresión de aire.- Este sistema se utiliza en las aspersoras denominadas de "compresión" o de "presión previa", o de "bombeo de aire" (equivocadamente referidas a veces como "aspersoras neumáticas"). El aire o gas que comprime el líquido en el tanque de la aspersora puede provenir de una bomba de pistón o de un compresor rotatorio a motor; también pueden utilizarse botellas de aire o gas comprimido. Las presiones desarrolladas son variables, pero en general no pasan de 100 libras por pulgada cuadrada.

b) Bombeo hidráulico.- La presión del líquido es desarrollada por una bomba hidráulica. Existen diversos tipos de bombas que se caracterizan por las presiones que desarrollan y la cantidad de líquido que pueden movilizar. Esto último generalmente se expresa en galones por minuto y se conoce como "capacidad de la bomba". La capacidad de la bomba debe ser por lo menos 15 por ciento mayor que la capacidad de salida de las boquillas. Las bombas deben mantener presiones constantes, soportar largos períodos de trabajo y resistir a la corrosión y abrasión de los insecticidas; su mantenimiento, limpieza y reparación deben ser simples y económicos.

Los principales tipos de bombas son los siguientes:

Bombas de pistón.- La presión se desarrolla por medio del pistón que comprime el líquido dentro de un cilindro en forma alternante o pulsátil; desarrollan las más altas presiones, generalmente de 150 a 800 o más lb/pul^2, son voluminosas, pesadas, costosas, durables, adaptables a una gran variedad de usos ; se les prefiere en pulverizadoras de frutales en vista de las altas presiones que son capaces de producir; pueden ser accionadas por la toma de fuerza del tractor, por cadena o por un motor independiente; bombean de 8 a 250 litros/minuto.

Bombas centrífugas.- Están constituídas por un rotor que gira a gran velocidad dentro de un cilindro. El líquido ingresa por el centro del rotor y es impelido por fuerza centrífuga; son más pequeñas, livianas y simples que las de pistón, capaces de movilizar grandes volumenes de líquido (de 20 a 400 litros/minuto) de manera uniforme sin pulsaciones, pero normalmente desarrollan bajas presiones (de 5 a 70 lb/pulg^2). Debido a la alta velocidad del rotor estas bombas se gastan rápidamente y baja la presión de bombeo, pero pueden trabajar con cualquier líquido.

Bombas rotatorias de rodillos.- Posiblemente son las más utilizadas; poseen un rotor excentrico de nylon o de caucho que están alojados transversalmente en canales periféricos del rotor; todo dentro de un cilindro. Al girar el rotor, los rodillos, por la fuerza centrífuga, se mantienen en contacto con las paredes del cilindro llevando el líquido. Son bombas pequeñas, simples, livianas, movilizan gran cantidad de líquido (de 30 a 120 lit/min) y son capaces de desarrollar presiones relativamente altas (de 10 a 300 lb/pul^2). Se recomiendan los rodillos de caucho para los productos más abrasivos.

Bombas de aspas deslizantes.- Funcionan en forma similar a la bomba de rodillos, en donde los rodillos son reemplazados por aspas o paletas deslizantes. Se recomienda sólo para líquidos con buenas propiedades lubricantes.

Bombas de engranaje.- Están formados por un par de engranajes que giran engranados entre sí dentro de un cilindro. Al girar, el líquído pasa entre los engranajes y las paredes de cilindro. Estas bombas generalmente desarrollan presiones bajas (de 20 a 100 lb/pulg^2). Se desgastan fácilmente por la acción abrasiva de los polvos mojables y substancias corrosivos; su capacidad es de 20 a 250 lit/min.

Bombas de diafragma.- Consisten en un cilindro con un diafragma flexible. Por movimientos reciprocantes del diafragma se succiona el líquido y se expulsa hacia la salida. Debido a que no hay partes movibles en contacto con el líquido. estas bombas son especialmente útiles para líquidos corrosivos; siempre que éstos no deterioren el material del diafragma. En general no desarrollan grandes presiones (de 10 a 100 lb/pulg^2), ni movilizan grandes cantidades de líquido (de 10 a 40 lit/minuto).

Bombas rotatorias de impulsor flexible.- Poseen un rotor-impulsor flexible de neoprene, cuyas aspas se flexionan y extienden al girar el rotor, llevando el líquido. Trabaja con todos los productos excepto aquellos altamente abrasivos. Generalmente desarrolla presiones inferiores a 50 libras/pulg^2 y moviliza de 10 a 110 lit/min.

Las boquillas o boquereles.-

Las boquillas son los dispositivos donde se produce la formación de las gotitas de la pulverización. Los pulverizadores manuales poseen una o

dos boquillas en el extremo de una lanza portaboquillas. Los pulverizadores de tractor poseen una serie de boquillas dispuestas a lo largo de un tubo o aguilón portaboquillas. En los pulverizadores de frutales la boquilla suelen formar parte de una pistola pulverizadora especial.

Tipos de boquillas.- Las boquillas se caracterizan por el patrón de aspersión que producen, el ángulo de la aspersión y su capacidad de descarga. Según su patrón de aspersión se distinguen las boquillas de aspersión de cono vacio, de cono lleno y de aspersión plana o de abanico. Además hay otros tipos de boquillas como las boquillas regulables para huertos, boquillas de impacto, boquillas de aspersión lateral y boquillas de tipo "flood jet" o de innundación plana.

a) Boquilla de aspersión cónica vacía.- Produce una aspersión cónica de sección circular formada por gotitas bastante finas. Estas son las boquillas más usadas para las aplicaciones foliares de insecticidas y fungicidas; se les atribuye buena cobertura y normalmente trabajan a presiones de 40 a 120 lb/pulg^2 y a 30 lb/pulg^2 si se aplican herbicidas.

Estas boquillas están constituídas por tres partes activas a) el disco con el orificio de salida, b) la cámara de turbulencia y c) el disco o barra de turbulencia; estas partes se encuentran contenidas entre d) el cuerpo de la boquilla y e) el cabezal que se atornilla al cuerpo. Además existen filtros y empaquetaduras.

-El disco con el orificio de salida, es un disco simple con un orificio central; es fabricado en bronce, acero inoxidable, cerámica o tungsteno carburado. Los discos de bronce son los más baratos pero se desgastan fácilmente por el efecto abrasivo y corrosivo de los insecticidas. El diámetro del orificio de salida determina "la tasa de descarga" de la boquilla pero, entre ciertos límites, tiene poco efecto en el tamaño de las gotitas.

b) Boquilla de aspersión cónica llena: es una modificación de la anterior en la que el disco de turbulencia tiene un orificio central adicional. La sección del patrón de aspersión es discoide (Fig. 19). Su utilización es muy limitada.

c) Boquilla de aspersión plana o de abanico: carece de disco o barra de turbulencia y el disco de salida presenta una hendidura central profunda. El líquido emerge como una lámina plana que se rompe en gotitas. La sección del patrón de aspersión es alargada -- adelgazándose hacia los extremos. Esto permite acomodar las pulverizaciones de varias boquillas, unas al lado de otras, dando una franja de pulverización uniforme. Se usa de preferencia en las aplicaciones de herbicidas pre y post-emergente, a baja presión, generalmente alrededor de 40 lb/pulg^2. Las gotitas son de tamaño mediano.

Una variación de la boquilla de aspersión plana convencional es la "boquilla de aplicación uniforme" que produce una descarga uniforme a todo lo largo de la sección de aspersión. Se utiliza en aplicaciones en banda donde no se necesita la unión con otras boquillas.

d) Boquilla plana de inundación, es un dispositivo simple en forma de un pequeño niple con una abertura transversal por donde sale el líquido en forma de aspersión en abanico con gotas relativamente gruesas y a baja presión (de 5 a 20 lib/pulg^2).

Por no producirse acarreo de gotitas por el aire se le utiliza especialmente para aplicar herbicidas en tratamientos pre y post-emergentes. También se usa para aplicar fertilizantes líquidos.

e) Boquilla sin aguilón, dispositivo relacionada al anterior en que un chorro de líquido choca contra una superficie convenientemente inclinada; produce una aspersión en abanico de gran alcance, con gotas finas en la parte central y gotas gruesas en los extremos. La cobertura puede alcanzar hasta metros de ancho. Se le usa para aplicar herbicidas en condiciones especiales.

f) Boquilla regulable para frutales, las boquillas para asperjar frutales son del tipo de cono vacío pero de mayor tamaño que las descritas previamente. En algunos casos se utilizan 2 a 4 boquillas no regulables colocadas en el extremo de una lanza porta-boquillas; pero más comunmente se utilizan las "pistolas pulverizadoras" que son regulables; accionando la manija de la parte posterior de la pistola se regula la finura de la pulverización y junto con ella el ángulo y el alcance de la aspersión. Con las pulverizaciones más gruesas el ángulo de aspersión es más cerrado, se tiene mayor alcance, y se gasta más líquido por minuto. Al revés con la pulverización más fina, se abre el ángulo de aspersión, se reduce el alcance de la aspersión y se reduce el gasto de agua por minuto. La regulación es factible mediante el desplazamiento controlado del disco de turbulencia que alarga o reduce la cámara de turbulencia de la boquilla. Cuanto más profunda es la cámara de turbulencia, más gruesa es la pulverización.

g) Boquillas regulables para barras portaboquillas: Estas boquillas pueden ser reguladas para obtener pulverizaciones de diferente finura en la aspersión de cultivos de surco. Como en el caso de las boquillas de frutales, con la finura se altera el ángulo de aspersión y la descarga. Estas boquillas tienen la ventaja de poder regular la aspersión; la desventaja está en la dificultad de volver a colocar el mismo grado de regulación una vez que se ha sacado el cabezal para limpiar la boquilla.

Capacidad de descarga.-

Es la cantidad de líquido que pasa por la boquilla en un minuto de aspersión bajo una presión determinada (Cuadro N°1). En general, la descarga es proporcional al área del orificio de salida y a la raíz cuadrada de la presión del líquido.

No existe un sistema universal para designar el tamaño del orificio de salida o la capacidad de descarga de las boquillas. Se pueden distinguir tres casos diferentes según los fabricantes.

Algunos fabricantes identifican los discos según los orificios de salida con los números 1,2 y 3 que equivalen a los diámetros de los orificios de 1/64, 2/64 y 3/64 de pulgada respectivamente. En la aspersión de frutales generalmente se usa el diámetro 8/64.

Otros fabricantes (Spraying Systems Co.) indican la capacidad de descarga de la boquilla en galones por minuto o por hora a una presión dada, normalmente 40 lb/pulg^2. Así,la boquilla Tee-jet 1/4 TY 1.5, descarga 1.5 gal. por hora a la presión de 40 lb/pulg^2 y las boquillas 6502 y 8002 de aspersión plana descarga 0.2 galones por minuto a la misma presión, (los dos últimos dígitos señalan la descarga (Cuadro 2). Finalmente otros fabricantes identifican sus boquillas con números asignados en forma arbitraria.

Angulo de aspersión de la boquilla.-

El ángulo de aspersión de las boquillas normalmente varían entre 60 y 90°, comunmente 60, 70 y 80°, aunque a veces es mayor en aspersoras terrestres para cultivos bajos. En las boquillas para huertos los ángulos generalmente son más cerrados. El ángulo de aspersión en la mayoría de las boquillas se reduce con la reducción de la presión en el rango de 50 a 75 lb/pulg^2. Presiones mayores normalmente no tienen mayor efecto sobre el ángulo de aspersión y presiones menores de 20 lb/pulg^2 generalmente son insuficientes para producir una adecuada pulverización.

Ciertas boquillas fabricadas por Spraying Systems Co. (las boquillas Tee-jet) están codificadas de tal manera que se indica tanto el ángulo de aspersión como la descarga. Por ejemplo la boquilla plana Tee-jet 8004 tiene un ángulo de aspersión de 80°(indicado por los 2 primeros dígitos) y descarga 0.4 galones por minuto (indicado los dos últimos dígitos) a la presión standard de 40 lb/pulg^2. La boquilla 65015 tiene un ángulo de aspersión 65° y descarga 0.15 gal. p. minuto a la misma presión (Cuadro 2).

Cuadro N°1.- INFLUENCIA DEL DIAMETRO DEL ORIFICIO DE SALIDA Y DE LA PRESION EN LA DESCARGA Y ANGULO DE ASPERSION DE UNA BOQUILLA TEE-JET DE TIPO DE DISCO Y CONO VACIO.

Boquilla	Diámetro del orificio de salida en pulgadas	Presión en lb. p. pulg^2	Descarga galones por minuto.	Angulo de aspersión.
1/4 TT D1-25*	0.031	30	0.088	22°
		40	0.101	27°
		60	0.122	38°
		100	0.156	46°
		200	0.210	50°
		400	0.290	51°
1/4 TT.D2-25	0.041	30	0.14	46°
		40	0.16	51°
		60	0.19	56°
		100	0.25	60°
		200	0.34	61°
		400	0.46	60°
1/4 TT D4-25	0.063	30	0.25	72°
		40	0.29	74°
		60	0.35	78°
		100	0.45	81°
		200	0.62	82°
		400	0.86	81°
1/4 TT D8-25	0.125	30	0.53	94°
		40	0.61	96°
		60	0.75	97°
		100	0.97	97°
		200	1.36	96°
		400	1.94	95°

* En donde: D1: orificio del disco de salida.
25: disco de turbulencia.

Cuadro N°2.- INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD DE DESCARGA DE LA BOQUILLA, LA PRESION DE APLICACION Y LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE LA ASPERJADORA, EN EL VOLUMEN DE ASPERSION CUANDO SE USAN BOQUILLA TEE-JET DE ASPERSION PLANA DISTANCIADAS 76 cm. ENTRE SI EN BARRAS PORTABOQUILLAS.

Boquilla	Presión en lb/pulg^2.	Descarga en gal.por min/ boquilla	Velocidad de asperjadora en Km. p.h.				
			3.2	4.8	6.4	8.0	12.0
			litros por hectárea				
8002 ó	20	0.14	130.9	86.9	65.4	52.4	34.6
6502	30	0.17	160.8	106.6	80.4	64.5	43.0
	40	0.20	185.1	123.4	92.6	73.9	49.6
	60	0.25	224.4	151.5	113.1	90.7	60.8
8004 ó	20	0.28	261.8	174.8	130.9	104.7	70.1
6504	30	0.35	317.9	215.1	160.8	128.1	86.0
	40	0.40	374.0	243.1	185.1	147.7	99.1
	60.	0.49	458.2	299.2	224.4	181.4	120.6
8010 ó	20	0.70	654.5	439.4	327.2	261.8	177.7
	30	0.86	804.1	532.9	402.1	317.9	215.1
	40	1.00	925.6	617.1	467.5	434.0	243.1
	60	1.22	1131.4	457.4	570.4	458.2	299.2

Accesorios en las máquinas aspersoras:

Los agitadores: La agitación del caldo insecticida en el tanque es necesaria para mantener el insecticida uniformemente mezclado con el agua. Cuando se trata de productos solubles y emulsionables la mezcla se mantiene homogénea relativamente con poca agitación. Cuando se utilizan polvo mojable la agitación debe ser más vigorosa, de lo contrario el producto tiende a sedimentarse y la aplicación resulta irregular.

Hay dos mecanismos fundamentales para agitar los caldos insecticidas dentro del tanque de la aspersora: la agitación mecánica y la agitación hidráulica. Los agitadores mecánicos consisten en paletas de variado diseño que se desplazan o giran dentro del líquido. El agitador hidráulico consiste en un chorro de líquido a presión que regresa al tanque y que es parte del caldo insecticida bombeado por la máquina durante la aspersión. La agitación hidráulica no es tan eficiente como la agitación mecánica.

Los filtros: La mayoría de las aspersoras están provistas de diversos filtros con el fin de evitar cuerpos extraños que puedan obturar las boquillas. Entre ellos están el filtro de llenado del tanque, el filtro de succión o del tanque a la bomba, y varios filtros colocados en el sistema de tubos (filtros de tubería), antes de que líquido llegue a la boquilla o en la base de las mismas boquillas (filtros de las boquillas). Para líquidos relativamente espesos se usan filtros de 50 mallas o menos. Para líquidos muy fluídos pueden usarse 100 mallas. Filtros demasiado finos pueden impedir el paso de los polvos mojables. Los filtros deben limpiarse con frecuencia usando cepillos.

Las válvulas: Las válvulas de las aspersoras pueden ser de dos tipos las "válvulas de cierre unidireccional" que permiten el paso de líquido en una s-la dirección y las "válvulas reguladoras" en las que el líquido puede pasar solamente después de haber desarrollado cierta presión. Esta presión normalmente es regulable. Las válvulas se encuentran solo en las aspersoras motorizadas.

Los manómetros: Los manómetros son artefactos que miden la presión del líquido, o del aire en las aspersoras de compresión, dentro del sistema de tubos y se encuentran sobre todo en las aspersoras motorizadas.

Cámaras de aire o de compensación: Son pequeños recipientes en forma de botellas invertidas. Originalmente se encuentran llenas de aire pero al accionar la bomba de la aspersora el líquido que entra a la cámara comprime el aire. El aire comprimido por su fuerza expansiva neutraliza en gran proporción las pulsaciones de las bombas de pistón de manera que la presión del líquido se mantiene uniforme durante la pulverización.

TIPOS DE ASPERSORAS HIDRAULICAS

Según el sistema de propulsión, las aspersoras hidráulicas pueden clasificarse en aspersoras manuales y aspersoras motorizadas.

En las aspersoras manuales, la bomba, sea hidráulica o de aire, es de pistón y es accionada manualmente por el operador; estas aspersoras tienen un rendimiento limitado y, en general, se consideran convenientes sólo para propiedades pequeñas a medianas, en la aspersión de cultivos bajos, para aplicaciones de "desmanche" de focos de infestación y para los lugares donde no pueden entrar los tractores. Un gran inconveniente es el llenado frecuente del tanque, lo que se puede obviar con la utilización de boquillas de bajo volumen.

Las aspersoras motorizadas, son de mayor capacidad que las manuales y la bomba, generalmente hidráulica, es accionada por un motor; que puede ser el del tractor, mediante la toma de fuerza, o un motor propio. La capacidad y otras características de estas aspersoras son muy variables.

Los principales tipos de aspersoras hidráulicas son los siguientes:

Aspersora portátil de compresión de aire.-

Llamada también de "presión previa", consiste en un tanque cilíndrico dentro del cual se encuentra una bomba para comprimir aire, hasta unas 50 libras de presión. El tanque se llena hasta los 2/3 de su capacidad a fin de dejar un espacio para comprimir el aire. Durante la aplicación la aspersora se lleva colgada del hombro por medio de una correa y, como no es necesario accionar la bomba mientras se trabaja, la atención del operador se concentra en la aspersión en sí. La aspersora carece de un sistema de agitación salvo la que se produce con el caminar del operador de allí que no sea recomendable para polvos mojables a menos que la suspensión sea muy estable.

Las aspersoras de compresión son adecuadas para jardines o huertos pequeños. Estas aspersoras son relativamente simples y duraderas, aunque las empaquetaduras requieren un cuidado especial para evitar pérdidas de presión o de líquido.

Aspersora de mochila.-

Esta aspersora se lleva a la espalda y posee una palanca que acciona la bomba hidráulica mientras se realiza la aspersión; posee un agitador y una cámara de presión, la que puede estar colocada dentro o fuera del tanque; desarrolla presiones relativamente altas. Normalmente se usan en aspersiones de alto volumen, de 600 a 1,000 litros por hectárea; pero provistas de boquillas de bajo volumen asperjan de 60 a 120 litros por hectárea. La capacidad del tanque varía de 15 a 20 litros.

Las aspersoras de mochila son muy versátiles; se les recomienda para propiedades pequeñas o para lugares donde el acceso de aspersoras motorizadas resulta difícil. En extensiones medianas y cuando la disponibilidad de mano de obra lo permite, pueden utilizarse en equipos de operadores. Con la adición de un tubo extensor a la lanza portaboquilla es factible tratar arbustos y pequeños árboles. En general son máquinas bastante simples y duraderas pero su operación es muy agotadora.

Otras aspersoras manuales.-

Hay algunos otros tipos de aspersoras manuales poco conocidos en nuestro medio: la aspersora de trombón, accionada por una sola persona, la aspersora de cubeta o barril, accionada por dos personas de las cuales una bombea y otra dirige la pistola pulverizadora; la aspersora de doble acción es accionada por tres personas, dos bombean y la tercera dirige la pistola pulverizadora. Todas estas máquinas se utilizan especialmente para árboles pequeños y arbustos en huertos pequeños.

Aspersora motorizada de tractor.-

Estas aspersoras se usan en las aspersiones de cultivos bajos de surco para aplicar insecticidas, fungicidas y herbicidas; van montadas en el tractor utilizando la fuerza del mismo a través de la toma de fuerza; en general son máquinas de "baja presión", llegando a desarrollar presiones máximas de 150 a 200 libras/pulg^2. Se utiliza una presión de alrededor de 40 lb/pulg^2 para aplicar herbicidas con boquillas de aspersión plana, con descarga de 40 a 80 litros/ha. Para insecticidas, con boquillas de aspersión de cono vacio, se utilizan normalmente presiones de 75 a 125 lb/pulg^2 llegando a descargar hasta 800 litros por hectárea.

Las boquillas van colocadas en el aguilón o barra horizontal portaboquillas que normalmente está ubicada detrás del tractorista; ocasionalmente se le ubica delante con lo que se permite un mejor control de la aplicación pero al mismo tiempo el operador queda expuesto a la neblina de insecticida. El aguilón puede ser de una sola sección o de tres secciones (las dos extremas plegadizas); en el pueden colocarse tubos verticales donde se ubican las boquillas para la aspersión lateral de las plantas. Estos tubos deben tener uniones flexibles que cedan cuando tropiecen con objetos como ramas o piedras. Los tanques para los insecticidas normalmente están constituidos por uno dos bidones o cilindros comunes de 200 litros de capacidad. Cuando uno de los cilindros montados a los lados del tractor queda vacio y el otro lleno, el equilibrio del tractor se vuelve un tanto inestable.

Aspersora motorizada de alto despeje.-

Es similar a la anterior pero provista de autopropulsión, con un chasis alto que le permite pasar sobre plantas relativamente altas como algodón, maíz o tabaco sin causar mayores daños. Para proteger a las plantas, se colocan faldones metálicos delante de las ruedas. Son máquinas bastante más costosas que las aspersoras a tractor.

Aspersoras motorizadas para frutales.-

Son aspersoras típicamente de "alta presión" provistas de bombas de pistón, que trabajan normalmente sobre 200 lb/pulg^2. y que llegan a desarrolar hasta 800 a 1,000 lb/pulg^2 de presión; todo el sistema normalmente está montado sobre un chasis. Existen diversos modelos que varían en la capacidad de la bomba y el tamaño del tanque;las aspersoras más pequeñas son de tracción manual, las medianas de tracción animal; y las más grandes de tracción a tractor, del que, normalmente, utilizan su toma de fuerza.

Los tanques suelen ser de hierro con cobertura plástica anticorrosiva o de fibra de vidrio. Para asegurar la homogeneidad de las suspensiones de polvos mojables y las emulsiones de aceites agrícolas, los tanques deben estar provistos de agitadores mecánicos, de preferencia que giren de 150 a 200 r.p.m.

La pulverización puede efectuarse con pistolas aspersoras para frutales accionadas manualmente con una o dos boquillas terminales. También se usan lanzas pulverizadoras con tres boquillas en un tubo transversal a la lanza, o mediante boquillas dispuestas en aguilones verticales oscilantes que no requieren de operadores, salvo el tractorista que tira todo el sistema. El orificio de las boquillas puede variar de 6/64 a 20/64 de pulgada, usándose de preferencia el tamaño 8/64; los orificios menores no descargan suficiente cantidad de líquido y las mayores descargan tanto que son difíciles de manipular. La boquilla 20/64 descarga alrededor de 180 litros por minuto a una presión de 600 $lb/pulg^2$; las pistolas pulverizadoras pueden estar provistas de una o dos boquillas. Las mangueras pueden medir unos 20 ó 25 metros perdiéndose aproximadamente 3 libras de presión por cada metro de manguera de 1/2 pulgada de diámetro interno.

Las bombas con capacidad de 50 a 60 galones por minuto son apropiadas para huertos de mediana a grande extensión. Estas bombas permiten accionar simultáneamente tres pistolas aspersoras, dos desde el suelo, y una desde una torre que se eleve 1 metro sobre la copa del árbol.

CALIBRACION DE LAS ASPERSORAS HIDRAULICAS

La calibración de una aspersora hidráulica consiste en determinar o regular su tasa de descarga cuando está provista de cierto tipo de boquillas, trabaja a una presión conocida y se desplaza a una velocidad determinada. La tasa de descarga o volumen de aspersión normalmente se expresa en litros por hectárea. Cuando se trata de un equipo recién adquirido, el primer paso es familiarizarse con las instrucciones del manual de operaciones; luego ensayar el funcionamiento con agua, y finalmente proceder a su calibración.

El volumen o tasa de descarga de una aspersora depende de la capacidad de descarga de las boquillas, del número de boquillas por surco y distancia entre boquillas; de la presión de aspersión, y de la velocidad de desplazamiento de la máquina aspersora.

La tasa de descarga de la boquilla.- Está en relación con el tamaño del orificio de salida de la boquilla, como se trató anteriormente.

Número y distancia entre las boquillas.- En una aspersora a tractor, las distancias entre las boquillas a lo largo del aguilón portaboquillas debe estar de acuerdo al ancho del surco. El número de aguilón portaboquillas debe estar de acuerdo al ancho del surco. El número de boquillas por surco está determinado por el tamaño de las plantas. Plantitas de hasta unos 25 cm. de altura requieren una sola boquilla desde arriba; plantas medianas de 25-40 cm., dos boquillas laterales; plantas grandes de -

más de 50 cm., tres boquillas, una desde arriba y dos laterales. Cuando se aplican herbicidas se trata de obtener una cobertura uniforme mediante boquillas planas dispuestas sobre la barra portaboquillas, con sus conos de aspersión ligeramente superpuestos.

La presión de aspersión.- La presión de operación debe estar dentro del rango que produce una buena pulverización; ni excesiva que produzca una pulverización demasiado fina, ni baja que no llegue a pulverizar el líquido satisfactoriamente. En aspersoras de tractor, por lo general, oscila entre 40 y 100 lb/pulg^2. Las presiones bajas se utilizan con boquillas planas en las aspersiones de herbicidas y las altas en las aplicaciones de insecticidas con boquillas de aspersión cónica. En general la descarga es proporcional a la raíz cuadrada de la presión del líquido por lo que su influencia en el volumen es relativamente menor; para duplicar el volumen de la aspersión se requiere cuadruplicar la presión.

Velocidad de la máquina aspersora.- El volumen de descarga por unidad de superficie es proporcionalmente inversa a la velocidad de aspersión:

Velocidad en Km. p.h.	Descarga en litro p.ha.
2	800
4	400
8	200

Las aspersoras a tractor pueden desplazarse de 3 a 16 Km. p. hora; frecuentemente entre 4 y 10 Km. p.hora. La velocidad de desplazamiento de una aspersora de mochila al paso normal del operador es alrededor de 2 km. p.h.

Una vez seleccionado el tipo de boquilla y su disposición en la barra portaboquillas, el ajuste de la descarga se hace regulando la velocidad de desplazamiento de la aspersora y, en menor proporción, cuando es posible la presión. Cualquier cambio en el volumen fuera de los alcances de estos límites requerirá el cambio de las boquillas por otras de descarga apropiada.

Procedimiento de la calibración.-

La descarga de una aspersora por hectárea se calcula midiendo la descarga en una distancia conocida, digamos 50 ó 100 metros, repitiendo la operación tres o cuatro veces. El área asperjada en este recorrido dependerá del ancho de la aplicación. El número de litros descargados en el área de prueba se refiere luego a litros por hectárea de la siguiente manera:

$$\frac{\text{agua utilizada (en litros)} \times 10{,}000\ m^2}{\text{área aplicada en } m^2} = \text{litros/hectárea.}$$

Ejemplo: distancia recorrida: 100 m.
cobertura del aguilón portaboquillas (ancho de la aspersión): 6 m.
área asperjada: 100 x 6 = 600 m^2
volumen descargado por las 12 boquillas del aguilón: 18 litros

Litros por hectárea: $\frac{18 \times 10{,}000}{600}$ = 300 litros

La cantidad de líquido descargado por las boquillas puede determinarse de dos maneras:

a) midiendo la diferencia de líquido en el tanque antes y después de la prueba, lo que no siempre puede lograrse con facilidad.

b) recogiendo el líquido que sale de las boquillas en botellas, baldes, bolsas de plástico u otros recipientes. Este sistema no sólo permite la medida directa del líquido asperjado sino que permite comparar la uniformidad en la descarga de cada boquilla. Para facilitar este trabajo pueden utilizarse bolsas de plástico o recipientes calibrados exprofesamente.

Para calibrar las pistolas pulverizadoras de frutales se mide la cantidad de líquido y el tiempo que se requiere para mojar un grupo de árboles de manera uniforme, hasta el inicio del escurrimiento, luego se calcula el gasto por planta o por área. En la práctica se puede controlar el volumen por planta controlando el tiempo que se invierte en asperjar cada árbol.

EJECUCION DE LAS ASPERSIONES HIDRAULICAS

A fin de que las aspersiones se realicen en forma eficiente es necesario tener en cuenta algunas consideraciones tanto previas a la aspersión como durante el proceso de la operación.

Consideraciones previas.-

El equipo de aplicación debe prepararse con anterioridad suficiente, probando que se encuentra en buen estado de funcionamiento. De esta manera se evitan demoras costosas y tediosas durante la aplicación al tratar de reparar el equipo que funciona deficientemente.

Debe disponerse de agua limpia, libre de partículas en suspensión. Las partículas de arena causan desgaste en las bombas y en las boquillas; lo que puede evitarse usando filtros de succión de malla N°100. Los depósitos de agua deben estar ubicados en las cercanías del área de trabajo para reducir el tiempo que se pierde en rellenar el tanque de la aspersora. Cuando se trata de aspersiones en frutales, es conveniente disponer de un depósito de agua en alto, de gran capacidad, con un tubo de salida de gran diámetro que permite llenar el tanque de la aspersora en pocos minutos.

Las aplicaciones deben estar a cargo de personal eficiente que conozca los objetivos de la operación, de la forma precisa en que debe efectuarse,

y de las medidas de seguridad que deben observarse. En las aspersiones de frutales, el planeamiento incluye la forma en que los operarios deben avanzar de un árbol a otro evitando que se enreden las mangueras. Los operadores deben estar enterados también de las instrucciones que deben seguirse de producirse un accidente.

Dilución del insecticida

Para lograr óptimos resultados se aconseja hacer una mezcla previa del concentrado insecticida (emulsionable o polvo mojable) en un poco de agua. Una vez homogenizada la mezcla, se agrega al tanque que debe estar parcialmente lleno y con el sistema de agitación en funcionamiento. Luego se completa la cantidad de agua.

Si se trata de mezclar concentrados emulsionables con polvos mojables; primero debe diluirse en el tanque el polvo mojable y luego el concentrado emulsionable. Si se hace la mezcla previa en un poco de agua se sigue el mismo criterio.

Altura de las boquillas

Las boquillas deben colocarse a una distancia de 15 a 25 cm. del follaje en las aspersiones de cultivos bajos. En las aspersoras a tractor el aguilón portaboquillas se coloca según la altura promedio de las plantas; utilizando una, dos o tres boquillas por surco de acuerdo al tamaño de la planta como se indicó anteriormente. Cuando se presentan vientos relativamente fuertes es necesario bajar el aguilón tanto como sea posible a fin de reducir el arrastre de las gotitas.

En las aspersiones de frutales,las boquillas se colocan más distantes del follaje, tan lejos como sea necesario para cubrir una buena área y no causar daño mecánico al follaje por la fuerza del chorro, pero lo suficientemente cerca para no provocar mucho arrastre de las gotitas por el viento. El alcance de la aspersión varía con la regulación de la pistola pulverizadora, con la abertura del orificio del disco de salida, y la presión con gotas más grandes y ángulo de aspersión más estrecho,se logra mayor alcance. Una vez alcanzada la óptima pulverización, el incremento de la presión produce una pulverización más fina pero no le da mayor alcance.

Grado de la cobertura

En general se considera que una aspersión es eficiente cuando se cubre integramente la superficie de la planta. Desde el punto de vista práctico la mayor o menor integridad de la cobertura necesaria está relacionada con la plaga, la planta y el producto insecticida.Una aplicación deficiente puede obligar a un nuevo tratamiento, irrogando mayores gastos y creando riesgos de fitotoxicidad.

Influencia del tipo de plaga.- En general se considera que los insectos que comen las hojas y, los insectos que tienen gran movilidad, entran fácilmente en contacto con los depósitos de insecticidas, aún cuando el grado de cobertura no sea total. Por el contrario, los insectos con poca o nin-

guna movilidad, o de tamaño muy pequeño, o que se ubican en lugares poco accesibles, como las cochinillas harinosas, las moscas blancas, las queresas o las arañitas rojas, requieren una cobertura uniforme y completa de la planta, de manera que el insecticida les toque directamente en el momento de la aplicación. En estos casos son preferibles las aplicaciones de alto volumen. Iguales consideraciones deben tenerse cuando se trata de controlar insectos perforadores de frutos o tallos cuya exposición a los insecticidas es breve y en un área reducida, antes de que el insecto penetre al órgano de la planta que ataca.

Influencia del tipo de planta.- La densidad del follaje y el tamaño de la planta pueden dificultar la penetración de la aspersión hacia las partes interiores de la planta. En estos casos deben preferirse las aspersiones finas ayudadas por cierta turbulencia del aire. Las boquillas deben estar dispuestas de tal manera que faciliten la penetración de la aspersión. Las plantas de hojas grandes y decumbentes como las cucurbitaceas, presentan las mayores dificultades (en estos casos se prefieren pulverizaciones neumáticas o espolvoreos).

Las plantas con superficies cerosas como la cebolla o la col, son muy difíciles de mojar; en tales casos se recomienda adicionar algún mojante-adherente que facilite el depósito del insecticida.

A veces es necesario tener en cuenta aspectos fisiológicos de las plantas. En el algodonero por ejemplo, las flores están abiertas durante el día y cerradas desde el atardecer a la madrugada; de manera que las aspersiones en el día pueden penetrar al interior de las flores donde se ocultan algunos insectos como el picudo. En cambio las aplicaciones muy tempranas o muy tardías (generalmente espolvoreos) no los alcanzan directamente y los individuos que permanecen en las flores por un tiempo relativamente largo, no llegan a ser afectados en forma completa.

Influencia del tipo de insecticida y su formulación.- Los insecticidas de corto poder residual requieren una distribución más uniforme y completa sobre la superficie de la planta que los insecticidas de largo poder residual, sean estomacales o de contacto. Los insecticidas sistémicos suelen ser absorbidos suficientemente bien en condiciones que podrían resultar totalmente inadecuados para otros insecticidas por deficiencias en la cobertura, salvo que se quiera conseguir también el efecto de contacto que tienen algunos de estos productos. Por supuesto que una mayor cobertura facilita la absorción del insecticida sistémico.

Los polvos mojables normalmente no son recomendables en aplicaciones de bajo volumen pues tienden a obturar los orificios muy finos de las boquillas de bajo volumen.

Consideraciones adicionales

En lo posible, las aplicaciones deben hacerse contra el viento o en sentido transversal de manera que el operador no se vea expuesto al arrastre de su propia aplicación. Durante la aplicación la velocidad de despla-

amiento debe mantenerse uniforme ya que las aceleraciones pueden producir epósitos insuficientes, y la disminución de la velocidad, sobredosis, que ueden resultar fitotóxicas. Las cabeceras del campo no deben dejarse de plicar ni ser aplicadas a fin de evitar fuentes de reinfestación o casos e fitotoxicidad, respectivamente.

Las aspersiones normalmente son mejores en condiciones de tiempo moeradas y cuando el follaje está seco. En estas condiciones las gotas de - nsecticida se adhieren mejor, sobre todo después de secarse. No deben aserjarse plantas que se encuentran húmedas. Algunos insecticidas o prepa - ados pueden provocar quemaduras cuando se aplican bajo insolación fuerte.

ASPERSORAS NEUMATICAS O NEBULIZADORES

Toda aspersora neumática está formada por dos sistemas: a) el sistema e alimentación del caldo insecticida y b) el sistema que genera la corrien e de aire. El primero, está constituído por el tanque o recipientes y el ecanismo de alimentación propiamente dicho que puede ser por gravedad, por acío parcial, o por presión hidráulica. La corriente de aire puede ser geerada por un ventilador, un compresor, o un tanque con aire o gas comprimi o.

La pulverización del líquido se produce cuando cierta cantidad de líuido choca con una fuerte corriente de aire. En el caso de las aspersoras idráulicas-neumáticas se produce una pulverización hidráulica dentro de una orriente de aire. Las gotitas formadas en las aspersiones neumáticas son - levadas por la corriente de aire que arroja la máquina, no por la energía e las propias gotitas como en el caso de las aspersiones hidráulicas, lo - ue permite reducir el tamaño de las gotas y su dispersión más difusa por l aire hacen posible la reducción del volumen de aplicación del caldo insec icida. Algunas máquinas permiten también aplicaciones de altos volúmenes - omo en las aplicaciones hidráulicas.

Comparadas con las aspersiones hidráulicas, las neumáticas permiten aho ro de agua, se hacen dos o tres veces más rápidamente y, se ahorra insecti ida hasta en un 25 por ciento en vista que no hay escurrimiento. La princi- al desventaja está en el alto costo del equipo; además cuando se trata de rboles muy grandes con follaje denso, como cítricos, olivos o mangos difi - ilmente se logra una cobertura completa.

Según la mecánica de la pulverización, las aspersoras neumáticas se dierencian en tres tipos:

Aspersoras de chorro de aire de alta velocidad (air jet sprayer)

En estas aspersoras el aire normalmente proviene de un compresor o de n tanque de gas comprimido. El aire, a gran velocidad, pasa por un tubo e salida relativamente delgado en el cual desemboca un tubito capilar que stá en contacto con el líquido. El chorro de aire, al pasar por el tubo e salida, produce un vacío en el tubito capilar que succiona el líquido nsecticida. El líquido succionado es pulverizado por el chorro de aire -- ue pasa por el tubo de salida. Se produce una pulverización buena, muy

fina, pudiendo llegar a ser del tipo aerosol; pero la delgadez del tubo capilar limita la descarga de la aspersora e imposibilita el uso de los polvos mojables que pueden obturar su salida. Por estas limitaciones estas aspersoras no se usan en agricultura. Ejemplos: las pulverizadoras de pintura, y pulverizadoras domésticas.

Aspersoras de corriente de aire (air blast sprayer o mist blower).-

En estas aspersoras el aire proviene de un ventilador y es conducido a través de un tubo relativamente grueso. En este tubo desemboca el tubito conductor del insecticida el que normalmente cae por gravedad.

El tubo de insecticida es suficientemente grueso para evitar obstrucciones de polvos mojables, pero la aspersión resulta un tanto desuniforme. Este es el método de pulverización de las aspersoras neumáticas portátiles o pulverizadoras de mochila a motor.

Aspersoras hidrauli-neumáticas (Blower sprayers).-

En estas aspersoras se produce primero la pulverización del líquido insecticida por medio de boquillas hidráulicas dentro de una cámara o conducto amplio por donde pasa la corriente de aire que ha de llevar las gotitas de la aspersión hacia las plantas. El grado de pulverización depende principalmente de la aspersión hidráulica; es decir, de las características de la boquilla, que generalmente es del tipo de aspersión de cono vacío, y de la presión del sistema. Los ventiladores son de dos tipos: los ventiladores axiales que mueven grandes volumenes de aire a baja velocidad; y los ventiladores centrífugos que mueven menos cantidad de aire pero a mayor velocidad.

Según el volúmen y la velocidad del aire que producen, las aspersoras neumáticas se suelen clasificar en las siguientes categorías:

a) De bajo volumen y alta velocidad de aire (menos de 5,000 pies^3 p. min. y velocidad sobre 225 km.p.hora); tienen ventiladores centrífugos, con tubos flexibles de salida de 10 a 15 cm. de diámetro. Se les usa principalmente en árboles de sombra y huertos pequeños.

b) De medio volumen y media velocidad de aire (de 5,000 a 25,000 pies^3 p.min. y velocidad de 120 a 225 km. p. hora).

c) De alto volumen y baja velocidad de aire (sobre 25,000 pies^3 p.min. y velocidad menores de 180 km. p.h.);poseen ventiladores axiales o centrífugos; la descarga de la aspersión generalmente se realiza a través de aberturas alargadas que pueden cubrir parte o toda la circunferencia de la máquina. Las aberturas de descarga parciales pueden terminar en toberas en forma de "cola de pez". Son las máquinas más usadas en huertos grandes de los países industrializados pero en nuestro país estas máquinas son muy escasas.

Estas aspersoras están diseñadas principalmente para el tratamiento de huertos frutales utilizando gotas relativamente pequeñas, de 75 a 100 micras de diámetro.

CALIBRACION DE LAS ASPERSORAS NEUMATICAS

La calibración de las asperjadoras neumáticas sólo puede hacerse empíricamente debiendo determinarse la cantidad de líquido que se gasta en un recorrido dado, a determinada velocidad, produciendo una cobertura satisfactoria. Se deben inspeccionar las hojas para ver la distribución de la aspersión. Si ésta es satisfactoria se determina la velocidad a la que de ir la máquina. Debido a que en estas aspersiones el volumen de aplicación normalmente es reducido, el control de los factores que afectan el volumen, particularmente la velocidad de desplazamiento de la máquina, debe controlarse con mucho cuidado. El aire retenido entre las hojas de las plantas debe ser expulsado y reemplazado por el aire que moviliza la máquina aspersora. Si el desplazamiento de la máquina es muy rápido no se logra este objetivo.

EJECUCION DE LAS ASPERSIONES NEUMATICAS

Las aspersiones neumáticas se hacen bajo dos modalidades: a) aspersiones directas y b) aspersiones por arrastre.

En las aspersiones directas con aspersoras hidrauli-neumáticas la aspersión se hace por hileras de árboles cubriendo primero la mitad de los árboles que dan a la máquina (o las mitades de ambas hileras, si la aspersora es ambidireccional) y de regreso se cubre la otra mitad. En aplicaciones de bajo volumen la aspersora debe estar un tanto distante de la planta a fin de permitir una buena distribución del líquido y evitar al mismo tiempo quemaduras de las hojas cercanas a las boquillas. No debe olvidarse que la eficiencia de la aplicación consiste en reemplazar el aire que rodea el follaje con el aire de la aspersión. La velocidad de marcha de la máquina normalmente es de 3 a 4.5 km. p.h. La dirección y velocidad del viento alteran la distribución y depósito de la pulverización.

En las aspersiones por "arrastre" (drift) la salida de la aspersora debe estar en posición vertical para lanzar las gotas de aspersión al viento tan alto como sea posible, permitiendo que el viento las lleve y deposite sobre el objetivo. En esta posición se ha observado poca variación en el ancho de la faja de aplicación con vientos que oscilan de 3 a 30 km. p.h.

En general debe tenerse en cuenta que las gotitas deben ser llevadas suavemente entre el follaje. Si el viento formado es muy fuerte, o las plantas están muy cerca, los productos químicos pueden cruzar el área tratada y ser llevados por el viento sin depositarse.

Las aplicaciones nocturnas con faros de iluminación en las máquinas aspersoras y espolvoreadoras suelen resultar eficientes por la calma y fal

ta de corrientes termales que pueden hacer perder las substancias aplicadas durante el día.

Concentraciones de las diluciones.-

Según las características de las máquinas y los volúmenes de líquido que movilizan las aspersiones puden ser diluídas, semiconcentradas y concentradas.

En las aspersiones diluídas se utilizan concentraciones y volúmenes similares a los de las aspersiones hidráulicas. No es el método más usado.

En las aspersiones semiconcentradas, se aplica de 1/3 a 1/4 del volumen de la aplicación diluída. Para estos dos tipos de aspersiones las aspersoras poseen un sistema hidráulico con bomba centrífuga de poca presión generalmente menos de 100 lb/pulg^2. y de gran descarga, de 50 a 200 galones por min.; normalmente están provistas de numerosas boquillas, hasta 100, cuyo tamaño y número se graduan de acuerdo a las necesidades de la aspersión.

Las aspersiones concentradas en que se aplica de 1/8 a 1/10 del volumen de las aspersiones diluídas, se realizan con aspersoras cuyo sistema hidráulico operan con bombas de pistón de alta presión, hasta 500 lb/pulg y de bajo volumen de descarga, de 5 a 20 galones p. minuto; normalmente tienen un número menor de boquillas y producen una aspersión más fina.

ASPERSORAS ROTATORIAS

En las aspersoras rotatorias el líquido cae sobre un disco, copa, o cilindro de malla que gira a alta velocidad. El tamaño de la gota varía con la densidad y tensión superficial del líquido, la velocidad angular de rotación, el tamaño y las características de la superficie y de los bordes del disco. El disco o cilindro puede girar accionado por un eje o puede estar provisto de aspas, que giran con una corriente de aire. La ventaja de este sistema es que el tamaño de la gota es bastante uniforme y puede ser regulable con la velocidad del disco; además permite el uso de polvos mojables.

Los atomizadores rotatorios tipo "Micronair" se utilizan en las aspersiones aéreas de ultra-bajo volumen obteniéndose una distribución más uniforme que cuando se emplea el sistema hidráulico.

Para aplicaciones terrestres de ultra-bajo-volumen se han diseñado asperjadoras rotatorias portátiles muy livianas denominadas MICRON ULVA y MICRON HERBI de origen inglés. La pulverizadora consiste en un disco de material plástico que gira accionado por un motorcito eléctrico. La fuerza eléctrica proviene de un grupo de pilas secas comunes contenidas en la barra de sostén. El recipiente de insecticida es una botella de plástico con un litro de capacidad.

LOS ESPOLVOREOS

El espolvoreo consiste en la distribución del insecticida en forma de polvo fino mediante el uso de máquinas espolvoreadoras. Los insecticidas que se usan en espolvoreos normalmente se aquieren en forma de polvos diluídos listos para su aplicación, bajo la formulación denominada "polvo seco" (o D, de la palabra inglesa "Dust"). La aplicación de polvos se considera conveniente en condiciones de ausencia o poca disponibilidad de agua; pero en general son menos usados que las pulverizaciones; tienen las ventajas de cubrir rápidamente áreas relativamente grandes utilizando equipo liviano; pero sus depósitos sobre las plantas suelen ser menos eficientes que en las pulverizaciones, y las aplicaciones están supeditadas a las condiciones ambientales, particularmente a la presencia de viento que produce el arrastre de los polvos.

Distribución de las partículas de polvo.-

La distribución de las partículas del polvo se hacen mediante una corriente de aire. Por su pequeño tamaño, generalmente menores de 40 micras de diámetro, las partículas de polvo están a merced de los más ligeros movimientos de aire, en la misma forma en que se indicó para las pequeñas gotitas de las aspersiones neumáticas. Así mismo, el mecanismo de depósito de las partículas de polvo es similar al indicado para las gotitas finas. Esta característica favorece una mejor penetración de los polvos al interior del follaje de las plantas en comparación con las aspersiones hidráulicas, pero aumentan también los peligros de arrastre por el viento.

Eficiencia de los depósitos.- La eficiencia de los polvos, medida como depósitos sobre la planta, normalmente es muy baja; en general se considera que sólo el 20 por ciento del polvo aplicado es retenido por la planta, aunque esta cifra puede variar ampliamente según las características del polvo, la superficie de la planta y las condiciones ambientales durante la aplicación. Los depósitos de los polvos pueden ser lavados más fácilmente, lo que podría considerarse una ventaja si se trata de eliminar residuos de aplicaciones cercanas a la cosecha.

La eficiencia del depósito está influenciada por el tamaño y forma de la partícula y la carga electrostática de las mismas. En la década pasada se inventaron dispositivos para cargar electrostáticamente las partículas de polvos con el propósito de facilitar su depósito y adherencia sobre las plantas pero los resultados no han sido consistentes; parece que las cargas se pierden rápidamente cuando la humedad atmosférica es alta.

Como las partículas de polvo son fácilmente arrastradas por el viento, se ha tratado de disminuir este efecto cubriendo la salida del espolvoreo con una lona que se arrastra sobre las plantas, siempre que éstas no lleguen a dañarse. La humedad del follaje, el rocío o la ligera llovizna, favorecen la adherencia de los polvos.

MAQUINAS ESPOLVOREADORAS

Las máquinas espolvoreadoras están constituídas fundamentalmente por a) un recipiente para los polvos o tolva; b) un sistema generador de corriente de aire, ventilador o fuelle; y c) un sistema de tubos conductores que terminan en boquillas de salida o toberas. Complementando el sistema existe un dispositivo agitador de los polvos y un dispositivo regulador de descarga o de alimentación del polvo.

La tolva, según su capacidad y uso del espolvoreador, varía en su tamaño, forma y material de construcción. La capacidad varía de 1/2 Kg. o menos en los espolvoreadores manuales a más de 100 Kg. en los espolvoreadores motorizados.

El mecanismo generador de corriente de aire puede ser: a) de émbolo o pistón, b) de fuelle, o c) de molinete o ventilador. Los dos primeros producen corrientes de aire intermitente y el último corriente de aire continua. El mecanismo propulsor puede ser manual para cualquiera de los tres tipos. Además, el tercero puede ser accionado por conexiones al movimiento de las ruedas en las máquinas espolvoreadoras de tracción, por la toma de fuerza del tractor, o por su propio motor. En todos estos casos se trata de un molinete o ventilador centrífugo.

Los tubos de salida del polvo suelen ser total o parcialmente flexibles y terminan en una boquilla o tobera aplanada, en forma de cola de pez, o en otra forma. Las boquillas tienen por fin controlar la dirección y distribución del polvo.

El sistema de agitación del polvo es variable según los modelos y tamaños de las espolvoreadoras y tienen por fin mantener la fluídez del polvo para lograr una descarga uniforme. El agitador puede ser mecánico; un dispositivo que se desplaza o gira dentro de la tolva; o neumático, mediante el desvío de parte del aire del ventilador hacia la tolva.

El sistema de alimentación o control de descarga puede ser una simple abertura regulable provista de un agitador para favorecer la caída del polvo, o por un tamiz, cepillo rotatorio, conductor helicoidal, o por succión del aire que pasa a alta velocidad. La descarga del polvo de la tolva puede hacerse hacia la corriente de aire o a la caja del mismo ventilador o fuelle.

TIPOS DE ESPOLVOREADORES

Según su tamaño y uso, los espolvoreadores pueden clasificarse en los siguientes tipos:

Espolvoreadores manuables de émbolo o pistón:

Son simples, pequeños, constituídos por un pequeño recipiente de polvo y un cilindro en el cual se desplaza un émbolo. El émbolo es de acción manual que produce la corriente de aire necesaria para el espolvoreo. Estos

espolvoreadores son de uso casero y pueden emplearse sólo en jardines pequeños.

Espolvoreadores de fuelle:

En estos espolvoreadores el aire es generado por un fuelle y la alimentación del polvo puede ser hacia dentro del fuelle, o a la salida del aire. Los modelos más pequeños se sostienen entre las manos y los más grandes están adaptados para ser llevados a la espalda. Son máquinas relativamente simples y fuertes. El fuelle, de cuero o plástico, requiere cuidado para evitar su deterioro. Estos espolvoreadores son útiles para aplicaciones localizadas; con tubos de extensión pueden espolvorear arbustos y pequeños árboles. A juzgar por la literatura este tipo de espolvoreador de diseño bastante antiguo parece popular entre los pequeños agricultores de Europa. En nuestro país es prácticamente desconocido.

Espolvoreadores manuales de molinete o ventilador

Son básicamente de dos tipos: aquellos sostenidos a la altura del pecho mediante tirantes a los hombros con capacidad de 5 Kg. de polvo; y los de mochila sostenidos a la espalda con mayor capacidad, 12 Kg. de polvo. En ambos casos se les acciona mediante una manivela con engranajes de multiplicación. La alimentación del polvo puede hacerse a través de la caja del ventilador o en la corriente de aire. El tubo de salida puede ser simple o de doble boquilla para dirigir el polvo simultaneamente a dos surcos. A diferencia de los espolvoreadores de fuelle, en que el polvo sale a bocanadas, aqui el polvo sale en forma continua.

Estos son los espolvoreadores más conocidos en nuestro medio, en general son muy útiles para extensiones medianas, o para cultivos en lugares poco accesibles. La técnica de aplicación puede ser dirigir directamente el polvo a uno o dos surcos (boquilla doble) o espolvorear una mayor área utilizando el efecto del arrastre del viento. Existen modelos pequeños, de mano, para uso en jardines.

Espolvoreadores de tracción.-

El molinete está accionado por conexiones con el movimiento de las ruedas sobre las que está montada el espolvoreador. Pueden ser de diferentes tamaños según la tracción; de carretilla, jalados o empujados por una persona, de tracción animal, o de tracción a tractor. Son de mayor capacidad que los anteriores y están provistas de varias boquillas generalmente de 4 a 8. Pueden aplicar de 10 a 350 Kg.de polvo por hectárea. La mayoría de estas máquinas están diseñadas para espolvorear cultivos de surco, relativamente extensos y son muy raros en nuestro medio.

Espolvoreadores con la toma de fuerza del tractor

Estas máquinas pueden estar directamente acoplados al tractor o estar montados en un chasis independiente; normalmente son más grandes que las de tracción y cubren mayores áreas en menos tiempo. El espolvoreo puede ser de aguilón o barra, o del tipo de arrastre.

Espolvoreadores motorizados.-

Estas máquinas tienen la ventaja de disponer de una fuerza uniforme independiente de la velocidad a que se desplaza. Hay varios tamaños de estas máquinas, desde las portátiles llevadas a la espalda (tipo mochila) o al pecho (la máquina) y espalda(la tolva), hasta las de autopropulsión, pasando por aquellas montadas en tractores y otros vehículos. En general son máquinas más complicadas en que las más grandes pueden tener hasta 18 boquillas de salida que cubren hasta 12 m. de ancho. Las máquinas dispuestas con boquillas de salida en aguilón o barra sirven para cultivos de surco. Algunas máquinas permiten reemplazar el aguilón por un tubo de salida mucho más grande provistos de una boquilla que permite sus usos en espolvoreos de arrastre. El arreglo de las boquillas también puede ser radial para espolvorear hileras de árboles. Los espolvoreadores grandes son muy útiles para aplicar grandes áreas de manera rápida siempre que ellas sean accesibles. De los espolvoreadores motorizados, el modelo de mochila a motor, que no es más que una adaptación ad-hoc de las pulverizadoras de mochila a motor, es el más conocido.

EJECUCION DE LOS ESPOLVOREOS

La calibración de los espolvoreos deben hacerse con el mismo polvo insecticida, pues existen grandes diferencias en la fluidez de los polvos comerciales. Debido a estas diferencias una misma calibración de la máquina produce diferentes descargas de polvo.

Los espolvoreos deben realizarse en ausencia de vientos fuertes y de movimientos de convección del aire, escogiendo las horas tempranas de la mañana o, por el contrario, al atardecer. La humedad del follaje, el rocio o la ligera llovizna, favorecen la adherencia de los polvos. En general los días nublados y sin viento son apropiados para los espolvoreos.

El espolvoreo con máquinas terrestres puede orientarse en dos formas a) espolvoreo directo y b) espolvoreo por arrastre.

En el espolvoreo directo la boquilla o tobera se dirige hacia la planta. La colocación de las boquillas varía con las características de la planta y las condiciones del viento. En plantas de follaje regular y en condiciones de calma la boquilla puede estar sobre la planta. En plantas de follaje tupido u hojas grandes como en las cucurbitáceas, o en presencia de vientos moderados, las boquillas deben bajarse y orientarse de manera que aseguren la penetración del polvo al interior de la planta y evitar el arrastre por el viento. En general, al espolvorear debe tratarse de depositar el insecticida debajo de las hojas.

En el espolvoreo por arrastre se trata de aprovechar el efecto de arrastre producido por un viento moderado. El espolvoreo debe hacerse transversalmente al viento cubriendo una faja de varios surcos según las características del polvo, las condiciones del viento y la altura de la tobera. El arrastre se favorece con la tobera colocadas en alto. Las plantas dentro de la faja de aplicación deben haber recibido un depósito de insecticida satisfactoriamente uniforme.

Si se utiliza una cuadrilla de espolvoreadores manuales estos deben estar dispuestos en forma escalonada teniendo en cuenta la dirección del viento con el propósito de que el arrastre de insecticida que aplica un operador no cubra al otro. La cantidad de polvo aplicado normalmente varía de 10 a 20 Kg. por hectárea.

Para espolvorear árboles altos se requiere utilizar los movimientos ascendentes del aire del medio día, convección y las corrientes de aire normales en forestas.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE APLICACION

A fin de asegurar una vida prolongada para las máquinas asperjadoras o espolvoreadores es necesario observar algunas medidas de mantenimiento En general las asperjadoras requieren más cuidado que las espolvoreadoras debido a que son máquinas más complejas y a que los caldos insecticidas normalmente son corrosivos. El agua sola ya es un elemento corrosivo.

Al terminar el día de trabajo el caldo insecticida debe ser drenado y la asperjadora, incluyendo las mangueras, enjuagadas con agua limpia. El agua se elimina luego haciendo funcionar la bomba por unos pocos minutos sin agua. En el Perú salvo en la cordillera, no hay problemas con noches frías congelantes, pero de ocurrir hay que considerar que si se deja agua dentro de la asperjadora, su congelamiento producirá daños graves al equipo.

Las boquillas y los filtros deben quitarse periódicamente y limpiarse con un cepillo. Para evitar su obstrucción, el agua que se utiliza en los caldos insecticidas debe ser siempre tamizado. Las empaquetaduras deben chequearse y mantenerse en buen estado para evitar pérdidas de líquido y de presión. Al comenzar cada día de trabajo todas las piezas movibles deben ser aceitadas.

Si se ha usado algún herbicida, la máquina debe ser lavada con una solución caustica tibia y esta solución debe ser bombeada a través de todo el sistema por cierto tiempo. Luego drenada y lavada con agua limpia. Es preferible tener un equipo dedicado exclusivamente para la aplicación de herbicidas, sobre todo si se aplica 2.4-D que es muy dificil de eliminar. Para eliminar 2.4-D y sus similares debe emplearse detergente y el método de amoniaco recomendado por los fabricantes. Los herbicidas a base de triazinas se eliminan más fácilmente con abundante agua.

Si se trata de un equipo de uso estacional, al finalizar la estación, los tanques, bombas y mangueras deben ser lavadas haciendo circular una solución cáustica y luego ser enjuagadas con agua. Si se va a mantener el equipo sin uso por un tiempo prolongado, el aceite de los motores debe ser drenado y cambiado por aceite nuevo; las piezas pequeñas se limpian y almacenan en petróleo, las partes estructurales deben ser desmontadas, limpiadas y pintadas. La maquinaría debe almacenarse en lugar seco protegido del clima.

Los espolvoreadores deben vaciarse al terminar cada día de trabajo para evitar corrosión del material y la formación de costras de polvo endurecido que son difíciles de desprender. Las tolvas deben mantenerse cerradas para evitar que entren cuerpos extraños que puedan dañar los ventiladores. Las partes movibles deben lubricarse pero no debe dejarse ningún exceso de aceite o grasa que facilite la acumulación de los polvos.

Si hay fajas hay que controlar su tensión períodicamente, reajustarlas o cambiarlas cuando sea necesario. Ocasionalmente deben limpiarse la caja del ventilador y quitar toda acumulación del polvo.

Al terminar la estación de trabajo o por lo menos una vez al año, todo el espolvoreador debe desarmarse y las piezas móviles deben lavarse en petróleo, deben pintarse las máquinas con pintura para metales y luego volverse a armar. Al almacenarse, las superficies de metal expuestas deben ser engrasadas completamente. El aceite de los motores debe ser drenado y reemplazado.

APLICACIONES AEREAS

Ing. Jesús Melgar.
Gerente-Cía Aérea Comercial S.A.
CACSA

El empleo del avión en el control de plagas data del año 1925, en Texas, USA, en que aproximadamente 10,000 Has. de algodón fueron espolvoreados para combatir el Gusano de Hoja. Para 1928, más de 25,000 Has, fueron tratadas con avión en el Estado de Texas, cifra que se ha ido incrementado con el correr de los años.

En el Perú, una compañía norteamericana antes de la II Guerra Mundial en el Valle de Cañete hacía algunos trabajos con avión. Posteriormente, en 1946 se forma la Compañía Arseniatadora Cañete S.A. CACSA, con 3 aviones Stearman a los cuales se les adapta equipo para espolvoreo, luego los trabajos con aviones se van ampliando a otros valles algodoneros; posteriormente ya se empieza a trabajar con líquido. Actualmente, el uso del avión se ha generalizado en todos los valles de la Costa, y en el cultivo de arroz en los valles del Chira, Departamento de Lambayeque, Chepén y Pacasmayo.

En otros cultivos se trabaja en forma eventual, aprovechando la permanencia de aviones agrícolas en la zona. Actualmente, se está trabajando en forma, más o menos, regular en el cultivo de papa en los valles de Barranca, Pativilca, Supe, Huaura, Cañete, Chincha e Ica.

Actualmente casi la totalidad de los aviones son agrícolas de fábrica, y no modificados como el Stearman, PA-19, etc.

Para que una aplicación aérea pueda realizarse es necesario los siguientes requisitos:

-Campo de aplicación sin obstáculos y de área regular.

-Campo de aplicación no muy distante del campo de aterrizaje (5 Kms. máximo).

-Buenas condiciones ambientales.

Ventajas de la Aplicación Aérea.- Se pueden cubrir grandes áreas en poco tiempo, promedio de 60 Has. por hora.

-No hay tanto personal en contacto con insecticidas por lo tanto menos peligro de intoxicaciones.

-No se maltrata el cultivo, no hay apisonamiento del suelo ni rotura de guías.

-En aplicaciones de abonamiento (Urea) muy uniforme.

Desventajas de la aplicación aérea:

-Personal altamente calificado, escasez de pilotos.

-No se pueden aplicar altas cantidades de líquido. 30-35 galones/Há, se aplican como máximo.

-En cultivos pequeños, hay pérdida del producto en el surco. Ejm. Dipterex granulado en maíz.

-Efectos sobre el medio ambiente.

Labores que actualmente se efectúan con avión:

-Aplicación de insecticidas, fungicidas, hierbicidas en líquido, polvo y granulado.

-Abonamiento

-Siembra de arroz con semilla pre-germinada. Ing. Gonzales Prada en Hda. San Francisco - Chira)
-Control de plagas sobre poblaciones.

-Aplicación de defoliantes.

Equipo que actualmente se emplea:

-Aviones fabricados especialmente para agricultura tales como los:

Cessna
Piper
Gruman
Ipanema Brasilero
Aero Commander
Se está empleando aviones tipo turbo-prop. para reducir costos de combustible.

-Helicópteros.

Equipos de Fumigación:

-Sistema de líquido, se compone de: tanque, bomba, filtros, boom, boquillas , micronaire.

-Sistema de polvo y granulados: el venturi en sus diferentes formas y el Swathmaster.

Calibración de los Equipos:

-Cantidad de líquido por hectárea.- Se entiende por calibración, el ajuste que se dá al equipo para aplicar una dosis específica de líquido por hectárea, la calibración es de gran importancia en las

aplicaciones aéreas, debe efectuarse cada vez que se cambia la densidad de aplicación.

A continuación, señalamos los pasos a seguir en la calibración del Sistema de líquido:

A. Calibración de la cantidad de líquido por Hectárea

1. Determinar la extensión que cubre el avión por minuto a la velocidad y altura a la que se programa el vuelo.

2. Determinar la cantidad de galones que se deben aplicar en un minuto para aplicar el volúmen recomendado.

Ejemplo: Un avión con una tolva de 200 galones con una cobertura de 22 mts. de ancho, y con una velocidad de 100 millas por hora. El insecticida debe aplicarse en dosis de 10 galones de agua por hectárea.

60 minutos _____ 160 kilometros
1 minuto _____ X

$X = \frac{160}{60} = 2,67$ kmts. por minuto

2,670 mts. (largo) x 22 metros de ancho= 58,740 mts^2 por minuto

5.87 Has. por minuto

Conforme a nuestro ejemplo, vamos a determinar el número de galones por minuto requerido.

6.0 Has. x 10 Gals. = 60 galones por minuto.

B. Selección de boquillas

Primero, debemos determinar que boquillas botan la cantidad de galones por minuto suficiente para el flujo requerido de 60 galones por minuto. La mayoría de los booms de aviones agrícolas tienen para 40 boquillas, asumamos que el avión de nuestro ejemplo tenga 40 boquillas, el galón por minuto por boquilla lo determinamos de la siguiente manera:

$$\text{GPM x boquilla} = \frac{\text{GPM requerido}}{\text{N°boquillas}} = \frac{60}{40} = 1.5 \text{ GPM x boquilla}$$

Con este dato, vamos al catálogo del fabricante y vemos en sus cuadros cual es el número de serie del niple que debemos usar para este flujo.

Una vez armado el equipo, hacemos un pasaje de prueba, llenamos la tolva con agua, y hacemos una aplicación si es posible de un minuto, verificamos la cantidad de agua necesaria para rellenar el tanque a su nivel original.

El patrón uniforme de aplicación depende de la ubicación correcta de las boquillas en el boom, la nube de insecticida se desplaza en sentido de rotación de la hélice, ajustar adecuadamente la distancia entre boquillas ayuda a corregir este problema, que es notorio en aviones de motores radiales muy potentes y de corta distancia entre el motor y el boom. En aviones modernos la línea de vuelo y la distancia entre la hélice y el boom hace que el patrón de la nube no sea desplazado.

El ángulo de las boquillas en relación a la dirección y velocidad del avión afecta el tamaño de la gota. Existe relación directa entre cobertura y diámetro de la gota, a gota más fina mayor cobertura.

C. Equipo para aplicación de polvo y granulados

La calibración se realiza haciendo vuelos de prueba, es necesario utilizar material similar al que se va aplicar para obtener una buena calibración, coloque el polvo o granulado en la tolva y efectúe el vuelo de prueba haciendo un pasaje en un tiro algo largo, medir la franja aplicada (largo y ancho) se aterriza y se vé la cantidad descargada. Para regular el equipo de polvo es necesario a veces dos o tres vuelos de prueba (gusano regulador de emergencia).

Chequeo del patrón de la nube.- Para asegurarse que se está obteniendo una distribución lo más uniforme posible es necesario efectuar este chequeo. Los aviones y helicópteros generan corrientes de viento que afectan el patrón de la nube, la mejor manera de probar el patrón en aplicaciones de líquido es añadiendo al agua un colorante, colocamos tiras de papel en el suelo, y a diferentes alturas sobre la que se efectúa un pasaje. El Patrón de la Nube quedará impreso en el papel.

En aplicaciones de polvo se determina el patrón, colocando baldes en el suelo por donde se hace un pasaje y determinamos así la cantidad de polvo o granulado en cada balde.

Una vez que el avión ha sido calibrado, tanto la velocidad, presión de la bomba, altura de vuelo, etc., pasamos a hacer la operación de fumigación.

Es indispensable, contar con un campo de aterrizaje apropiado no muy distante del campo de aplicación.

Los campos de aplicación, deben de haber sido marcados previamente, es una buena recomendación mantener los campos estacados, sobre todo, si esos campos se van a aplicar varias veces.

Una vez que el avión ha decolado los banderas deben estar en sus respectivas marcas. Los banderas se deben colocar, uno al inicio y otro al término del pasaje; el bandera no debe permanecer en su lugar al momento del paso del avión, las banderolas deben de ser de color blanco o naranja. El bandera por seguridad nunca debe perder de vista al avión.

Actualmente, se está empleando en USA "el bandera automático" que consiste en un aparato que va montado en el ala del avión y es controlado por el piloto desde la cabina, funciona dejando caer banderolas pequeñas que van marcando el pasaje. Los helicópteros pueden prescindir de banderas, ya que viran muy corto terminando donde deben de iniciar el siguiente pasaje.

D. Forma de Marcación de los Campos.

Generalmente, se utilizan dos banderas por potrero y el avión trabaja efectuando pasajes simples, o sea, de ida y vuelta en líneas paralelas. Se debe iniciar las aplicaciones por el extremo del campo ubicado en la dirección del viento, esto evitará que en el pasaje siguiente el avión penetre en la nube de insecticida.

En potreros algo grandes y regulares es conveniente utilizar los pasajes en melga por ser más práctico y conveniente; en este caso, se emplea doble juego de señaleros, colocando en un extremo del campo y los otros dos paralelos a los primeros en la parte media del campo, movilizándose ambos en el mismo sentido. Con este tipo de pasaje se ahorra mucho tiempo en los virajes.

Al final de cada pasaje, el piloto debe cerrar la llave del equipo y jalar el avión hacia arriba antes de iniciar el viraje, se debe completar el viraje en una distancia suficiente del campo que le permita efectuar pequeñas correcciones de curso, si fuera necesario antes de iniciar el siguiente pasaje.

Cuando existen obstrucciones al final o al comienzo de los pasajes tales como árboles, líneas de teléfono o cables de alta tensión, es necesario cerrar el equipo de dispersión antes de iniciar el ascenso o abrirlo después de efectuar el descenso según el caso. Cuando se haya terminado de fumigar dicho potrero debe de hacerse uno o dos pasajes de "cabeceo" para cubrir las áreas inmediatas a los obstáculos.

Los potreros cercanos a construcc ones, ganado, agua de manantial o cualquier cosa que pudiera ser afectado por el producto químico debe tratarse con mucho cuidado para lo cual se recomienda lo siguiente:

-Volar paralelamente a las áreas que se quieren evitar

-Dejar la franja de cultivo colindante con el blanco que se desea evitar sin aplicar para evitar que el viento pueda desplazar el producto químico.

-Evitar efectuar virajes sobre viviendas, siempre que sea posible.

-Recordar al cliente que debe advertir a los criadores de abejas que tengan colmenas en las inmediaciones de los campos por tratar.

E. Control del "Drift"

Se conoce como "drift" al desplazamiento de la nube por efecto del viento, a lugares diferentes de aquel designado como blanco. Un "drift" bien controlado contribuye a que el insecticida alcance el objetivo. El "drift" es perjudicial cuando el producto causa daños a potreros vecinos al blanco (hierbicidas). Los principales factores que deben ser tomados en cuenta para controlar el "drift" son los siguientes:

-Tamaño de las gotas.- El tamaño de las gotas es uno de los factores de mayor incidencia en el "drift", las gotas pequeñas implican un riesgo mayor que las gotas grandes, ya que ellas permanecen más tiempo en el aire, pues por su menor peso caen en forma más lenta y son desplazadas más fácilmente por las corrientes de aire.

-Condiciones atmosféricas.- Las aplicaciones aéreas son influenciadas mayormente por el tiempo en el área inmediata a la aplicación y hasta una altura de 1,000 pies. El tiempo en esta pequeña área tiene un mayor efecto sobre las aplicaciones incluyendo los riesgos del "Drift".

El viento es un factor climático importante que afecta el "drift". Las aplicaciones deben ser suspendidas de inmediato cuando el viento arrecia.

Otro factor importante son los cambios de temperatura de la tierra hacia arriba. Hay dos situaciones que se producen y que en EE.UU. se llaman "inversión" y "lapse" y que no tienen traducción al español.

Una situación de "Inversión" es aquella que sin mayor viento, tiene las siguientes características:

-La temperatura es fria al nivel de la tierra

-Va calentando hasta una altura determinada, y

-Se enfría desde ese punto hacia arriba.

Las partículas que se depositan en el aire frio al nivel de la tierra durante una "inversión", tienen un desplazamiento mínimo hacia arriba". Las partículas depositadas sobre la franja fria quedan suspendidas en el aire. Incapaces de penetrar en el aire frio, esta masa de partículas tiende a desplazarse fuera del objetivo con el menor golpe.

F. Seguridad Personal

Piloto: De ser posible, el piloto no debe mezclar o cargar pesticidas de alta toxicidad. La exposición a pesticidas tóxicos puede producirle algún malestar que haga insegura su operación del avión.

Los síntomas de envenenamiento generalmente son los mareos y la contracción de la pupila (myosis). La myosis disminuye la agudeza visual lo cual puede causar accidentes fatales. La contaminación directa del ojo con insecticidas orgánicos o fosforados, pueden producir contracción pupilar durante 7 ó 10 días sin ningún otro síntoma. Un piloto que ha experimentado síntomas de envenenamiento no debe de volar hasta que sea chequeado por un médico.

Además de un casco, los pilotos deben usar máscaras protectoras con filtros adecuados.

Bandereros: Los bandereros deben usar ropa protectora adecuada al tipo de insecticida que se va a aplicar, es decir, tomando en cuenta el grado de toxicidad del mismo. Los pilotos deben de tener el cuidado suficiente para evitar echar insecticida sobre los bandereros. El tener los campos marcados permanentemente, o el uso de banderos automáticos, eliminan el riesgo del banderero.

G. Precauciones Generales para una Aplicación Aérea Segura

-Utilizar ropa protectora, guantes, equipo apropiado para el pesticida.

-Familiaricese con el pesticida a aplicar y averigue a donde se puede obtener ayuda de emergencia si fuera necesario.

-Evite todo contacto innecesario con el veneno.

-Cambiese de ropa y bañese después de la jornada de trabajo.

-No llevar cigarrillos en el bolsillo.

FORMULACION Y COMERCIALIZACION DE PESTICIDAS

Ing. Herbert Young.
Gerente, División Agroquímicos
RODVAL S.A.

(Relación de cuadros sinópticos utilizados en la exposición).

I. INTRODUCCION

a) Reto: Para alimentar al mundo en el año 2,000 se deberá triplicar la producción de alimentos.

b) Distribución de la comercialización de pesticidas a nivel mundial:

HAS. DE CULTIVO Y VENTAS DE PESTICIDAS EN DIFERENTES PARTES DEL MUNDO

Area	Has. de cultivo estimadas (millones)	Ventas pesticidas estimadas/usuario (millones US $)	Ventas pesticidas estimadas/Há. (En US $)
Japon	5.3	450	84.9
Europa Occidental	50.6	1,301	25.7
Estados Unidos	80.2	1,732	21.6
Los demás países (Excluyendo China)	503.2	1,655	3.3

c) Magnitud de usos de pesticidas y daños causados por pestes en los principales cultivos de los Estados Unidos.

PERDIDAS EN PRODUCCION Y USO DE PESTICIDAS EN LOS PRINCIPALES CULTIVOS EN U.S.A. EN 1966

	MALEZAS		INSECTOS		ENFERMEDADES	
Cultivo	% Pérdida[1/] en cosecha	%Area tratad.	%Pérdida[1/] en cosech.	%Area tratad.	%Pérdida[1/] en cosech.	%Area[2/] tratad.
Maíz	10	57	12	33	12	0.5
Soya	17	27	3	4	14	0.5
Algodón	8	52	19	54	12	2
Trigo	12	28	6	2	14	0.5

1/ Promedio anual de pérdidas de 1951 a 1960.
2/ Porcentaje de área de cultivo tratada en 1966, excluyendo tratamiento de semillas con fungicidas.

d) Magnitud y tipos de pesticidas comercializados a nivel mundial:

DIMENSION Y DISTRIBUCION DEL MERCADO MUNDIAL DE PESTICIDAS (- 1974).

TIPO DE PESTICIDA	MUNDO MIL MILLONES DOLARES	MUNDO %
Herbicidas	2190	42.6
Insecticidas	1822	35.5
Fungicidas	961	18.7
Fumigantes del Suelo	69	1.3
Reguladores del crecimiento	77	1.5
Defoliantes y Desecantes	19	0.4
TOTAL	5138	100.0

e) Los pesticidas en Latino-América

DIMENSION DEL MERCADO EN CENTRO Y SUD AM[illegible]R PAISES

CENTRO AMERICA

	1974	1980
GUATEMALA	15.3	21.6
HONDURAS	8.2	9.9
EL SALVADOR	11.9	19.0
NICARAGUA	17.1	28.6
COSTA RICA	11.1	18.3
PANAMA	4.9	8.1
TOTAL	68.5	105.5

Dimens. del merc. en centr. y sud. amer. por pais. (continuac.)

SUD AMERICA

	1974	1980
VENEZUELA	16.8	27.7
COLOMBIA	53.9	77.0
BRASIL	186.7	339.1
ARGENTINA	45.3	82.8
PARAGUAY	3.8	6.6
URUGUAY	4.3	6.6
ECUADOR	6.8	12.2
PERU	10.3	14.9
GIANAS	1.8	3.2
BOLIVIA	3.5	6.0
CHILE	8.6	13.2
TOTAL	$ 341.8	$ 589.3
GRAN TOTAL	$ 410.3	$ 694.8

f) Magnitud de mercado peruano dentro del contexto latino - americano.

Pág. 4.

DIMENSION DEL MERCADO DE PESTICIDAS EN CENTRO, SUD AMERICA Y PERU (*)

CENTRO Y SUD AMERICA	1974	1980
Herbicidas	107.6	212.8
Insecticidas	194.8	286.4
Fungicidas	85.0	157.4
Otros	22.9	38.2
Total	$ 410.3	$ 694.8

PERU (*)

Herbicidas	3.3
Insecticidas	10.0
Fungicidas	2.3
Otros	0.4
Total	16.0

(*) Estimados Rodval S.A. (Promedio 1971-74)

g) Pronóstico mundial sobre el uso de pesticidas:

Se estima que, paralelamente al desarrollo de sistemas de control integrado, el uso de pesticidas se deberá quintuplicar para el año 2,000, incrementándose especialmente en los países en vías de desarrollo.

I. PROBLEMAS EN EL DESARROLLO DE PESTICIDAS

La satisfacción de los crecientes requerimientos de pesticidas está amenazada seriamente por las crecientes dificultades para el desarrollo de nuevos pesticidas.

a) Efecto de las restricciones en la comercialización de pesticidas sobre el número de pesticidas desarrollados.

RITMO DE DESCUBRIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS PESTICIDAS MAS IMPORTANTES DESDE 1931 A LA FECHA

DECADA	NUMERO DE PESTICIDAS INTRODUCIDOS
1931 - 1940	1
1941 - 1950	9
1951 - 1960	18
1961 - 1970	19
1971 - a la fecha	3

b) Efectos sobre una Compañía en particular

ESTIMADO DEL IMPACTO ACTUAL DE LA FIFRA SOBRE DOW CHEMICAL USA

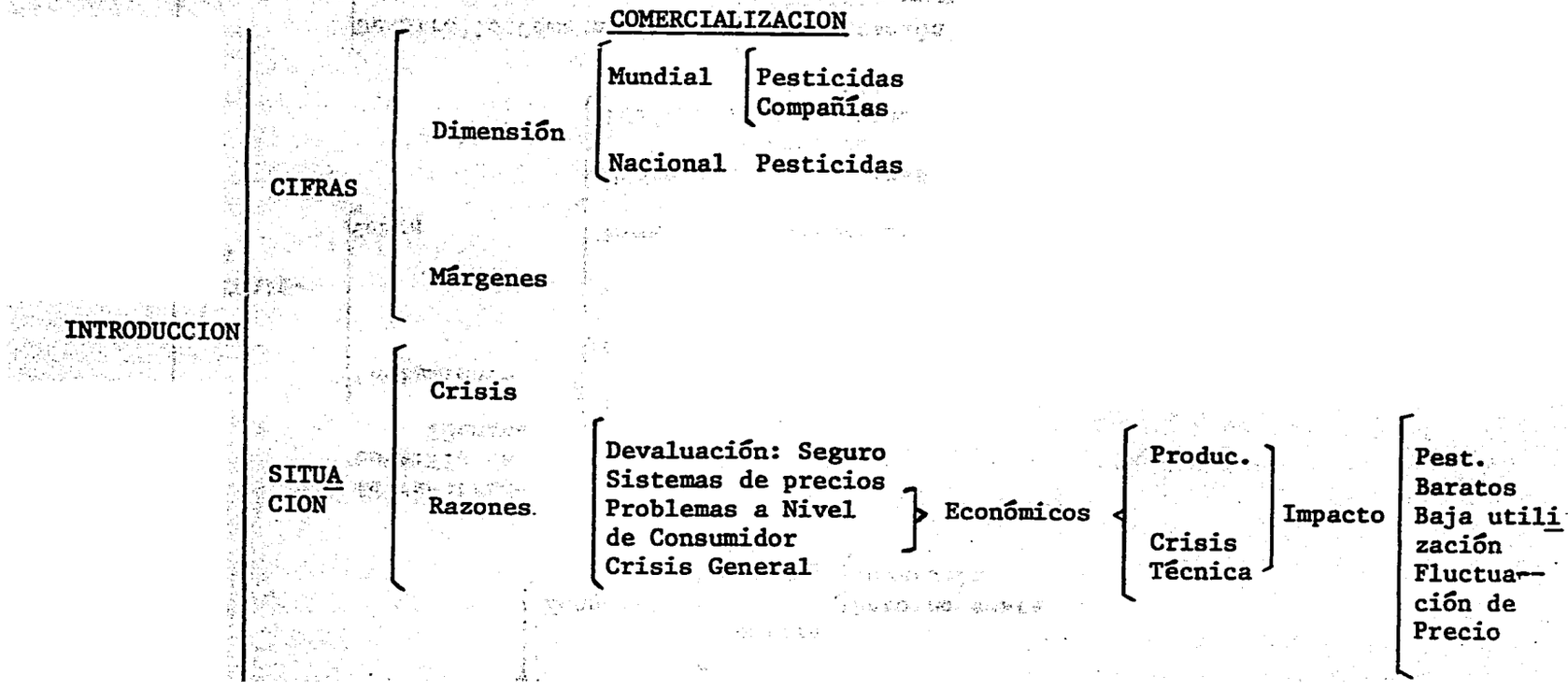
Sección	Descripción	Costos Adicionales Estimados por Año Millones $	Pérdida de Venta Estimada/Año Millones $
5	Permiso para uso experimental	--	12
6	Revisión administrativa	1	--
8	Libros y Registros	1	--
12	Otros	--	5
19	Almacenamiento y Eliminación	5	--
	Total	7	17

III. LA PRODUCCION Y FORMULACION DE PESTICIDAS EN EL PERU

Definición de Formulación: Conjunto de operaciones para poner el Material Técnico en condiciones de ser utilizado en el campo con el máximo de resultados.

- PRODUCCION
  - EMPRESAS
    - Bayer
    - Farmagro
    - Rodval
    - Pest. Tucume
    - Shell
    - F. Piaggio
    - Ipdemydsa
    - Rayon y Celanese
    - Composición Rodval
  - ELEMENTOS
    - Materia prima
      - Origen
        - Nacional
          - Comité de Formuladores
            - S.I.
          - Material Técnico
            - Rotenonas
            - Arseniatos
            - Oxidos de cobre
            - Azufre
          - Solventes: Varsol
          - Inertes
            - Pirofilita
            - Diatomitas
            - Caolín
        - Importada
          - Material Técnico
          - Inertes
          - Tensoactivos
          - Solventes
    - Instalaciones
      - Depósitos
        - M.P.
        - P.T.
      - Centro de Energía
      - Lab. Control de Calidad
      - Equipo
        - Sólidos
        - Líquidos
        - Separación por tipos
      - Oficinas
      - Talleres - Mantenimiento
    - Mano de obra
      - Calificada
      - No calificada
    - Tecnología
      - Importada
      - Acuerdos

IV. LA COMERCIALIZACION DE PESTICIDAS. ETAPAS DEL PROCESO



- PROCESO
  - DECISION
    - Mercado
      - Estimados
        - Precios Indicativos
        - Mercado
          - Potencial
          - Cubrimiento
      - Cultivos
      - Areas
      - Volumenes
      - revisiones
    - Competencia
      - Eficacia
        - Empresa
        - Consumidor
      - Economía
        - Empresa
        - Consumidor
          - Retorno sobre inversión.
  - ESTRATEGIA
    - Infraestructura: Física
      Técnica
    - Lanzamiento
      - Planes detallados
      - Cronograma
    - Venta
      - Argumentos
      - Nivel
        - Distribuidor
        - Consumidor
      - Promoción y Publicidad
      - Políticas
        - Precios
        - Descuentos
        - Créditos
  - EJECUCION
    - Desarrollo Comercial
      - Capacitación interna
      - Análisis — Ventajas
      - Introducción Preliminar — Desventajas
      - } Campo
    - Capacitación
      - Física
      - Técnica
    - Venta
      - Estadísticas de Venta
      - Cumplimiento estimado
      - Revisión - Estimados y Planes de Acción
  - Control de

MARGENES DE COMERCIALIZACION

	IMPORTADOR	FORMULADOR
NIVEL CONSUMIDOR:		
PRECIO VENTA	106	106
-IMPUESTO B. y S.	6	6
VALOR VENTA	100	100
-COSTO	55	58
MARGEN	45	42
NIVEL DISTRIBUIDOR:		
PRECIO VENTA	106	106
-IMPUESTO B. y S.	6	6
VALOR VENTA	100	100
-COSTO	69	73
MARGEN	31	27

ESTRUCTURA DEL COSTO EN ALMACEN Y DETERMINACION DEL PRECIO DE VENTA AL PUBLICO

		%
1.	VALOR FOB	
2.	FLETE	
3.	SEGURO	
4.	IMPUESTOS	
5.	DERECHOS ESPECIFICOS	
6.	DERECHOS ADUANEROS	
7.	GASTOS DE DESPACHO	
8.	GASTOS BANCARIOS	
9.	GASTOS FINANCIEROS	
10.	ETIQUETAS	
11.	COSTO EN ALMACEN	
	TOTAL	55
	VALOR DE VENTA:	
	$\frac{\text{COSTO EN ALMACEN X 100}}{100 - 45}$	100
	IMPUESTO D.L. 22163 6%	6
	PRECIO DE VENTA AL PUBLICO	106
	(MARGEN PARA EL DISTRIBUIDOR: 20%)	

ESTRUCTURA DEL COSTO DE PRODUCCION Y DETERMINACION DEL PRECIO DE VENTA

		%
1.	COSTO DE MATERIA PRIMA IMPORTADA	
2.	COSTO DE MATERIA PRIMA NACIONAL	
3.	COSTO MATERIAL DE EMPAQUE	
4.	MANO DE OBRA DIRECTA	
5.	GASTOS DE FABRICACION	
	COSTO DE PRODUCCION	55
	PRECIO DE VENTA :	
	$\frac{\text{COSTO DE PRODUCCION} \times 100}{100 - 45}$	100 (*)

(*) IMPUESTO A LOS BIENES Y SERVICIOS, INCLUIDO EN EL 45%.

Dr. Carlos Olivares, Gerente de Desarrollo
UNION CARBIDE INTER-AMERICA INC.

TABLA 1

Declaración que debe presentarse para solicitar el registro de un Pesticida Agrícola en los Estados Unidos de acuerdo con "The Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act" según enmendada en Noviembre 28, 1975.

Para solicitar el registro de un pesticida agrícola en los Estados Unidos, el solicitante debe presentar una declaración dirigida al Administrador de la Environmental Protection Agency (EPA) incluyendo la siguiente información:

(A) el nombre y la dirección del solicitante y de cualquier otra persona cuyo nombre aparecerá en el etiquetado del proyecto;

(B) el nombre del pesticida;

(C) una copia completa del etiquetado del pesticida, una declaración de todos los usos que se desean registrar para el pesticida, y las correspondientes instrucciones para su uso;

(D) si el Administrador de la EPA lo solicitara, una descripción completa de los ensayos o experimentos realizados y de los resultados en que se basan los usos que se pretenden registrar. La información requerida se basará en las pautas publicadas por la EPA. En las tablas 3, 4 y 5 se dan ejemplos de algunas de las pautas propuestas por la EPA;

(E) la fórmula completa del pesticida incluyendo el nombre químico y el porcentaje (en peso) de cada ingrediente activo o inerte en la formulación. La declaración de fórmula es información confidencial; y

(F) una solicitud pidiendo que el pesticida sea clasificado para uso general, para uso restringido, o para ambos.

TABLA 2

Información requerida para el establecimiento o exoneración de tolerancias de pesticidas en productos agropecuarios en los Estados Unidos de acuerdo con "The Food, Drug, and Cosmetic Act".

Para obtener el establecimiento o la exoneración de tolerancias de pesticidas en productos agropecuarios, debe presentarse una solicitud al Administrador de la EPA incluyendo la siguiente información:

(A) el nombre, identidad química, y la composición del pesticida;

(B) la dosis (cantidad), frecuencia, y época de aplicación del pesticida;

(C) informes completos de las investigaciones realizadas con relación a la seguridad del pesticida;

(D) los resultados de experimentos sobre los niveles de residuos detectados, incluyendo una descripción de los métodos analíticos utilizados;

(E) métodos prácticos para eliminar o remover los residuos que excedan cualesquier tolerancia propuesta;

(F) tolerancias propuestas para el pesticida si es que se proponen tolerancias; y

(G) argumentos razonables en apoyo de la petición. Normalmente estos deben incluir utilidad para el agricultor; seguridad para el usuario, peces y fauna silvestre; eficiencia del método analítico; justificación de la(s) tolerancia(s) propuesta(s); seguridad para el consumidor del (de los) producto(s) tratado(s) y transferencia de los residuos a la carne y la leche.

TABLA 3

Pautas propuestas por la EPA para el registro de pesticidas en los Estados Unidos. 1. Requisitos sobre química ambiental(1)

1. Movimiento y destino o suerte del pesticida en el suelo: descripciones edáficas y climáticas; estudios de metabolismo en el suelo (con productos marcados); estudios de persistencia en el suelo (cuando menos en 4 localidades representativas); y estudios de lixiviación o percolación (laboratorio y/o campo). Todos obligatorios.

2. Movimiento y destino o suerte del pesticida en el agua: tasa de disipación en agua destilada; degradación en agua con sólidos en suspensión; estudios de degradación en los sedimentos; translocación del producto y/o sus metabolitos con el agua de riego (laboratorio y/o campo); residuos en el agua de abrevaje de ganado y pollos y su transferencia a la leche, carne y huevos, si la hubiere; estudios en aguas en movimiento. Todos obligatorios.

3. Estudios de residuos de pesticidas: en peces (obligatorio) y otros organismos acuáticos y terrestres (opcionales); y en plantas sembradas en áreas tratadas actualmente cultivadas o que se incorporen a la agricultura (obligatorios).

4. Estudios de foto-degradación (obligatorios).

5. Estudios de volatilización (opcionales)

6. Estudios microbiológicos; efectos de los pesticidas sobre los microorganismos del suelo y efectos de los microorganismos del suelo sobre los pesticidas (obligatorios).

(1) Federal Register Vol. 40 N°123 Part II, Env. Prot. Ag. (EPA), June 25, 1975.

TABLA 4

Pautas propuestas por la EPA para el registro de pesticidas en los Estados Unidos . 2. Requisitos sobre evaluación de riesgos (1)

1. Riesgos para los humanos y animales domésticos:

A. Estudios Básicos: Dosis oral aguda (DL-50) preferentemente en ratas; dosis dermal aguda (DL-50) preferentemente en conejos, pero los cobayos y ratas son también aceptables; irritación dermal primaria aguda preferentemente en conejos, pero los cobayos y ratas son también aceptables; e irritación ocular primaria aguda en conejos.

B. Estudios Condicionales:

(a) Estudios agudos: Concentración aguda por inhalación CL-50 en ratas; dosis intravenosa o intraperitoneal aguda DL-50 en conejos, cobayos o ratas;

(b) Estudios subagudos: Dosis dermal, de inhalación, y oral subagudas; teratogénesis en ratas, ratones, monos, o perros; neurotoxicidad en gallinas (efecto sobre la mielinización) y ratas o perros (efecto sobre la acetilcolinesterasa); metabolismo en 1 ó 2 especies animales (vacas, pollos, ratas y perros).

(c) Estudios crónicos: Oncogenicidad en ratas y ratones o rata de trigo o algodón (hamster), alimentación en ratas y otra especie determinada por la División de Registros de la EPA, reproducción en una especie de roedor, y efectos del pesticida en la hematopoyesis, sistemas endócrinos, e histopatología de varios tejidos, y órganos, particularmente el hígado y los riñones;

(d) Estudios especiales: mutagenicidad en mamíferos, potenciación, períodos de re-entrada, y otros estudios a determinarse según las características de cada pesticida y los resultados de los estudios precedentes.

(1) Federal Register Vol. 40 No. 123 Part II, Env. Prot. Ag. (EPA), June 2, 1975.

TABLA 5

Pautas propuestas por la EPA para el registro de pesticidas en los Estados Unidos. 2. Requisitos sobre evaluación de riesgos (1)

2. Riesgos para los peces y fauna silvestre:

A. Estudios Básicos: Dosis oral aguda (DL-50) en lavanco (pato silvestre), codorniz, o faisán; concentración subaguda (CL-50) en la dieta de lavanco y codorniz o faisán; toxicidad aguda (CL-50) en la trucha arcoiris y el pomátomo; y toxicidad aguda (CL-50) en un invertebrado sensible, tal como *Daphnia* sp.

B. Estudios Condicionales:

(a) Estudios agudos y subagudos: Toxicidad en mamíferos (DL-50) toxicidad aguda en camarones, cangrejos y larvas de ostras, y evidencia satisfactoria de que el pesticida no causará efectos adversos irrazonables en la flora y fauna de los ambientes acuáticos;

(b) Estudios crónicos: Estudios de reproducción en lavanco y codorniz, estudios subagudos o crónicos de reproducción en peces y/o invertebrados;

(c) Estudios especiales: Que pueden requerirse en relación a las formas de uso propuestas, características del pesticida, etc.

(1) Federal Register Vol. 40 N°123 Part II, Env. Prot. Ag. (EPA), June 25, 1975.

TABLA 6

Costos estimados de varios tipos de Estudios de Investigación y Desarrollo de Pesticidas en los Estados Unidos en 1975 (1)

TIPO DE ESTUDIO	Costo Estimado (M US $)
Datos de eficacia: cada cultivo o uso	50.00 - 300.00
Metabolismo	
Síntesis de muestras marcadas: cada pesticida	5.00 - 20.00
Metabolismo en plantas: cada especie	50.00 - 60.00
Estudios en rotación de cultivos	35.00 - 45.00
Metabolismo en rumiantes	35.00 - 45.00
Metabolismo en pollos y huevos	20.00 - 30.00
Comportamiento ambiental: estudios de laboratorio	
Metabolismo en el suelo: anaeróbico	20.00 - 30.00
Metabolismo en el suelo: anaeróbico	20.00 - 30.00
Lixiviación y adsorción en el suelo	10.00 - 15.00
Hidrolisis	10.00 - 15.00
Bio-concentración o bio-magnificación	15.00 - 20.00
Fotodegradación en agua	10.00 - 15.00
Efectos en microorganismos	10.00 - 15.00
Degradación en el suelo[2]	10.00 - 15.00
Comportamiento ambiental - estudios de campo	
Persistencia y lixiviación en el suelo [2]	50.00 - 60.00
Residuos en cada cultivo	80.00 - 200.00
Carne de vacuno	40.00 - 50.00
Leche	80.00 - 100.00
Pollos y huevos	50.00 - 60.00
Carne de porcino	30.00 - 40.00
Toxicología en mamíferos	
Búsqueda de rango de Clase I	1.00 - 1.50
Dosis oral aguda DL 50: rata[3]	1.00 - 1.50
Dosis dermal aguda DL50: conejo[3]	1.00 - 1.50
Dosis aguda de irritación dermal primaria: conejo[3]	0.30 - 0.50
Dosis aguda de irritación ocular primaria: conejo[3]	0.30 - 0.50

continúa.....

Tabla 6. Continuación

TIPO DE ESTUDIO	Costo Estimado (M US $)
Toxicología de mamíferos-continuación	
Dosis de inhalación aguda CL50 - conejo[3]	2.50 - 3.00
Dosis dermal subaguda - conejo[3]	10.00 -15.00
Dosis de sensibilización dermal - cobayo[3]	0.50 - 1.00
Dosis oral subaguda (estudio de 90 días en perro)	30.00 -40.00
Dosis oral subaguda (estudio de 90 días en rata)	25.00 -35.00
Teratología	10.00 -15.00
Neurotoxicidad	10.00 -15.00
Fármaco-dinámica-rata y perro	20.00 -30.00
Alimentación crónica y oncogenicidad-rata y ratón	160.00-200.00
Reproducción durante 3 generaciones	25.00 -35.00
Mutagenicidad	15.00 -25.00
Inhalación subaguda - rata[3]	25.00 -35.00
Diagnóstico de intoxicaciones e información sobre primeros auxilios, paliativos y antídoto	5.00 -10.00
Datos sobre re-entrada después de una aplicación	10.00 -15.00
Toxicidad en peces y fauna silvestre	
Toxicidad aguda en aves -DL50	0.75 - 1.25
Toxicidad subaguda en la dieta CL50-lavanco	0.50 - 1.00
Toxicidad subaguda en la dieta CL50- codorniz	0.50 - 1.00
Toxicidad aguda - trucha arcoiris [3]	0.25 - 0.50
Toxicidad aguda - pomátomo [3]	0.25 - 0.50
Toxicidad aguda - *Daphnia*[3]	0.20 - 0.30
Toxicidad aguda - camarón, cangrejo y ostra[3]	1.00 - 2.00
Reproducción - codorniz	5.00 -10.00
Reproducción - lavanco	10.00 -15.00
Toxicidad crónica en peces - vario de cabeza gorda	30.00 -40.00
Reproducción - *Daphnia*	1.50 - 2.50
Formulación: cada formulación	10.00 -80.00
TOTALES M US$	**1,041.55- 1,798.55**

1. Tomado de C.A.I. Goring. 1977. The Cost of Commercializing Pesticides. En: Pesticide Management and Pesticide Resistance. Acad. Press, Inc. New York, San Francisco, London.

2. Estudios conducidos sólo con las formulaciones del ingrediente activo.

3. Estudios conducidos con cada formulación y con el ingrediente activo

TABLA 7.- Fases generales y evolución del costo promedio de desarrollo de un nuevo pesticida agrícola en los Estados Unidos entre 1971 y 1975 (1)

TIPO DE ACTIVIDAD	COSTO ESTIMADO POR PRODUCTO					
	1971		1973		1975	
	MM US$	%del Total	MM US$	%del Total	MM US$	%del Tot
1. Descubrimiento: síntesis, selección preliminar en el laboratorio (screening), y ensayos preliminares de campo.....	1.6	29	1.6	26	3.6	36
2. Desarrollo propiamente dicho:.....	(3.9)	(71)	(4.6)	(74)	(6.4)	(64)
a. Expansión de los estudios de campo (en facilidades propias de las compañias y en colaboración con cooperadores e instituciones públicas y privadas).....	1.8	33	2.1	33	2.1	21
b. Estudios de metabolismo, efectos sobre el ambiente, residuos y toxicología.....	0.8	15	1.1	18	1.7	17
c. Estudios de formulación, procedimientos de producción, y planta piloto.....	1.0	18	1.1	18	1.7	17
d. Registro o inscripción.....	0.3	5	0.3	5	0.9	9
TOTALES	5.5	100%	6.2	100%	10.0	100%
N° promedio de productos ensayados para registrar un nuevo pesticida	7,430		10,231		12,500	

(1) Los costos han sido calculados en base a las cifras y estimados proporcionados por la National Agricultural Chemical Association (1975, 1976) y C.A.I. Goring (1977).

LOS PESTICIDAS Y EL MEDIO AMBIENTE

FAUSTO H. CISNEROS V.

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

INTRODUCCION

La contaminación ambiental, uno de los más importantes problemas mundiales en los últimos años, sobre todo en los países más industrializados, es consecuencia de tres factores principales: el hombre, la industrialización y la alta tecnología en la producción agrícola. Dentro de la alta tecnología agrícola se incluye el uso de los pesticidas, entre los cuales los insecticidas, los fungicidas y los herbicidas, son los más ampliamente utilizados. Nos ocuparemos de algunos aspectos relacionados con el empleo y los efectos contaminantes de los pesticidas agrícolas.

La mayor parte de los cuadros que se presentan son sobre insecticidas y, puesto que el problema de contaminación es más agudo en los países industrializados, no debe extrañar que la información provenga, fundamentalmente, de los países altamente tecnificados y no de las naciones subdesarrolladas o en vías de desarrollo, entre las que se cuenta el Perú. No obstante, para los efectos de ilustración de los fenómenos que ocurren, son válidos en cualquier lugar. Por otro lado, caba adelantar, como veremos en mayor detalle, que el empleo de pesticidas en nuestro país está más relacionado con problemas de residuos sobre las plantas que con el problema de contaminación en general. La magnitud del poder contaminante de un compuesto se puede apreciar por el volumen o cantidad en que se le utiliza. En el caso de los insecticidas, como los demás pesticidas agrícolas, se trata de sustancias sumamente activas desde el punto de vista biológico, precisamente por eso se les usa, de tal manera que aplicados en cantidades muy pequeñas, constituyen peligros mucho más graves, que otros contaminantes que se usan en mayores cantidades.

MAGNITUD DEL USO DE PESTICIDAS

En los cuadros 1 y 2 se presentan las cantidades globales de tres tipos de pesticidas -expresadas en términos de materia activa- empleadas anualmente en los Estados Unidos de Norte América desde 1962 hasta 1969. Las cifras muestran una tendencia contínuamente creciente en el uso de pesticidas, con una tasa anual de incremento del orden del 7 por ciento en el caso de los insecticidas, cuyo consumo se había prácticamente estabilizado en alrededor de 500 millones de kilos durante los últimos cuatro años del período considerado. Interesante es notar que el empleo de herbicidas se estaba incrementando en forma mucho más pronunciada que el de insecticidas, alcanzando un promedio anual de incremento de aproximadamente del 25 por ciento.

Cuadro 1. Cantidades de pesticidas agrícolas utilizadas anualmente en los Estados Unidos durante el período 1962-1969 (Según varios autores)

AÑO	Millones de Kilogramos en Materia Activa			TOTAL
	Fungicidas	Herbicidas	Insecticidas	
1962	97	95	442	634
1963	93	123	435	651
1964	95	152	445	692
1965	106	184	473	762
1966	118	221	502	841
1967	120	288	489	897
1968	124	318	498	940
1969	127	348	502	983

Cuadro 2. Ventas anuales de pesticidas (incluyendo exportaciones) en los Estados Unidos

AÑO	Fungicidas	Herbicidas	Insecticidas
	Millones de dólares		
1971	46	588	334
1972	52	654	368
1973	58	805	468

Según reporte de la National Agricultural Chemicals Association. (Junio 1975).

En el Perú el consumo de insecticidas, sin considerar aceites agrícolas y siempre sobre la base de materia activa, fue de aproximadamente 1'656,000 kg. en 1972 y de 1'989,000 kg. en 1973, esto es, alrededor del 0.4% del consumo anual de Estados Unidos. Naturalmente, las cifras de consumo de ambos países no se pueden comparar en forma simple, pues habría que considerar el área sobre la cual se han aplicado, ya que de ésta dependen una serie de otros fenómenos. En el Perú no existe información sobre el área tratada con pesticidas, y, consecuentemente, no puede calcularse la cantidad de pesticidas utilizada por unidad de superficie. En el valle de San Joaquín, California, citado simplemente a modo de referencia en 1972 el consumo promedio de pesticidas alcanzó a 2.6 kg. de materia activa por hectárea. Esta cantidad tiende a incrementarse sustancialmente en la actualidad, debido a que el uso agrícola del DDT y de otros insecticidas clorados, como el aldrín y el dieldrín ha sido practicamente prohi-

bido en los Estados Unidos. Para reemplazar a estos insecticidas de largo poder residual se están utilizando otros con menor poder residual, lo que viene causando un acortamiento del intervalo entre aplicaciones y un marcado aumento en el empleo de los pesticidas substitutos. Así, el uso de parathion se ha incrementado 11 veces y sé que el empleo de carbamatos y sus derivados también ha aumentado considerablemente, pero no dispongo de los datos exactos.

CANTIDAD "UTIL Y CONTAMINANTE" DEL INSECTICIDA EN EL CAMPO

Los insecticidas agrícolas se usan con el propósito de controlar las plagas que atacan a nuestros cultivos y plantaciones, sin embargo, la cantidad o porción del total de insecticida aplicado que va a afectar a los insectos dañinos que se pretenden combatir es extremadamente pequeña. Por ejemplo, de una aplicación de insecticidas contra una población extraordinariamente grande de adultos de la "polilla del manzano" (Laspeyresia pomonella L.), vamos a decir de 10 individuos por m^2 de área de suelo, sólo 4 millonésimas partes sirven para controlar la plaga; las 999,996 millonésimas restantes sólo contribuyen a la contaminación ambiental. Puesto que no hay mucha alternativa sobre la forma de aplicación, lo importante es que tengamos en cuenta que son fracciones infinitesimales de la cantidad de insecticida aplicada, las que realmente tienen efecto sobre las plagas que deseamos controlar.

La utilización de insecticidas conduce a que los productos se dispersen practicamente a todos los componentes del medio ambiente. Ya sea que los productos se apliquen directamente sobre las plantas o se incorporen al suelo, después del proceso de dispersión, se les encuentra en el agua, en el aire, en los ríos, en los océanos y, naturalmente, en las plantas y suelo.

DEPOSITOS Y RESIDUOS SOBRE LAS PLANTAS

En el Cuadro 3, se presentan datos sobre las cantidades de depósitos que se hallaron en seis tipos diferentes de plantas, inmediatamente después y seis semanas luego de una aplicación orientada a ser depositada sobre las plantas. El objeto principal de este Cuadro es ilustrar las diferentes cantidades que son retenidas por las plantas de acuerdo con su tipo, a partir de una misma cantidad de insecticida por hectárea. Noten igualmente, cómo este depósito -que vendría a ser ya un residuo- cambia en cuanto a su expresión relativa respecto al peso de la planta, conforme ésta se va desarrollando.

Cuadro 3. Efecto del tipo de planta en los residuos que deja una aplicación de insecticida a la dosis de 1 Kg./ha.

TIPOS DE PLANTA	Depósitos en partes por millón (ppm)			
	Inmediatamente después de la aplicación		6 semanas después de la aplicación	
	Límite Superior	Limite Típico	Límite Superior	Limite Típico
Gramínea corta	240	125	30	5
Gramínea larga	110	92	20	1 - 5
Hortalizas	125	35	20	< 1
Alfalfa	58	33	1.0	< 1
Legumbres	12	3	1.5	< 0.1
Frutas	7	1.5	1.5	< 0.2

Según Hoerger y Kenaga, 1971.

DEPOSITOS EN EL SUELO

Si se aplica un insecticida a la dosis de un kg. de materia activa por hectárea, incorporándola a los 30 cm. superiores del suelo, se obtiene un residuo o concentración de depósito de 0.25 partes ppm. En el Cuadro 4 se presentan datos de los niveles generales de residuos de insecticidas clorados en los suelos de los Estados Unidos, que corresponden a depósitos resultantes de la acumulación de residuos a través de varios años y no a los efectos inmediatos de una aplicación.

Como puede verse, las concentraciones varían desde 1.6 ppm en los suelos de desiertos y praderas en el Estado de Texas, hasta 74 ppm en los suelos de huertos frutícolas en el Estado de Indiana. Al respecto es importante señalar que, aunque el DDT y el aldrín ya han sido eliminados del uso agrícola en los Estados Unidos, se estima que sus depósitos habrán de permanecer en los suelos por unos 15 o 20 años más.

Cuadro 4. Promedios generales de residuos de insecticidas clorados en los suelos de los Estados Unidos, expresados en ppm. (1)

TIPO	Ubicación	Año	DDT y compuestos relacionados.	Aldrín y/o Dieldrin.	Heptacloro.
Campos de papa	Estados Orientales	1967	2.8	0.1	0.08
Campos de algodón	Texas	1966	2.4	-	-
Campos de soya (2)	Medio Oeste y Sur	1968	1.7	0.1	0.02
Campos de maíz	New Jersey	1954	4.0	-	-
Huertos frutícolas	Medio Oeste	1958	29.4	-	-
Huertos frutícolas	Indiana	1964	74.0	-	-
Desiertos y praderas	Texas	1966	1.6	-	-

1 Según Matsumura, 1972

2 0.24 ppm. de clordano.

La duración de los depósitos es función de una serie de factores relacionados con la estructura química de los insecticidas y con una serie de elementos externos, entre ellos diferentes mecanismos de degradación, que veremos en forma muy breve más adelante. En el Cuadro 5 se dan datos sobre la persistencia general de diversos insecticidas clorados y fosforados en el suelo. De estos datos puede apreciarse que la duración de los depósitos de insecticidas clorados en los suelos va de 1 a 30 años, mientras que la persistencia de los insecticidas fosforados apenas si se mide en semanas y aún sólo en días. La persistencia de los insecticidas carbámicos -que conjuntamente con los fosforados son las principales alternativas actuales para reemplazar a los clorados- es, en general, muy inferior a la de los clorados, pero algo mayor que la de los fosforados.

Cuadro 5. Persistencia general de insecticidas en el suelo: Tiempo para perder del 75 al 100 por ciento del depósito original. (1)

Grupo	Productos	Persistencia
Insecticidas Clorados	Aldrín	1 - 6 años
	Clordano	3 - 5 años
	DDT	4 - 30 años
	Dieldrín	5 - 25 años
	Heptacloro	3 - 5 años
	Lindano (BHC)	3 - 10 años
	Telodrín	2 - 4 años
Insecticidas Fosforados	Diazinón	12 semanas
	Malathion	1 semana
	Parathion	1 semana
	Disulfotón	4 semanas
	Forato	2 semanas

1. Según diversos autores.

DEPOSITOS EN EL AGUA

En cuanto a depósitos de pesticidas registrados en las corrientes de agua, en el Cuadro 6 se presentan algunos datos sobre las concentraciones de insecticidas clorados halladas en algunos de los principales sistemas fluviales de los Estados Unidos. Dicho sea de paso, como puede verse en el Cuadro en el caso del DDT, en los análisis de residuos normalmente se determinan los niveles tanto del producto insecticida en sí como de sus principales metabolitos tóxicos, es decir, de aquellos compuestos derivados de la degradación del insecticida.

Cuadro 6. Concentración promedios de insecticidas clorados en los sistemas acuáticos de los Estados Unidos, expresados en partes por billón. (1)

Lugar	N° de Muestras	Insecticidas			
		DDT y Análogos	BHC	Dieldrín	Endrín
Vertientes principales	99	8.2	trazas	6.9	2.41
	97	9.3	-	7.5	5.5
	109	8.3	2.2	5.9	3.6
Delta del Mississippi	10	112.0	28.0	10.0	541.0
Ríos de California	82	0.62	0.01	-	-
Vertientes occidentales	11	10.3	2.8	2.3	1.4

1. Según diversos autores entre los años 1965 y 1967.

Las concentraciones presentadas en el cuadro 6 pueden parecer insignificantes, pues una parte por billón apenas si representa un miligramo (mgr.) de materia activa de insecticidas por 1,000 m^3 de agua, sin embargo, como veremos más adelante en mayor detalle, los insecticidas que se encuentran en el agua entran en una cadena trófica de bio-concentración, que hace que la concentración de insecticida existente en el agua se magnifique enormente -multiplicándose en algunos casos millones de veces- al llegar a los peces y aves acuáticas. En este fenómeno de bio-concentración radican los peligros más grandes de las contaminaciones del agua.

DEPOSITOS EN EL AIRE

Los residuos de pesticidas también se encuentran en el aire, básicamente como consecuencia de la volatilización, hallándoseles generalmente adheridos en pequeñas cantidades a las partículas de polvo suspendidas en el aire. En el Cuadro 7 se presentan los depósitos de diversos insecticidas y un herbicida registrados en el polvo atmosférico en Ohio. Estados Undios. Estos productos regresan a la tierra a través de la precipitación natural del polvo y de las lluvias.

Cuadro 7. Contenido de pesticidas detectado en el polvo llevado por el aire en Ohio, Estados Unidos expresado en ppm. (1)

Pesticidas	ppm.
DDT	0.600
Clordano	0.500
DDE	0.200
Ronnel	0.200
Heptacloro (epoxido)	0.040
2, 4, 5-T	0.040
Dieldrin	0.003
Total cloro orgánico	1.340
Total azufre orgánico	0.500

1. Según Cohen y Pinperton, 1966

MECANISMOS DE DISPERSION Y DEGRADACION

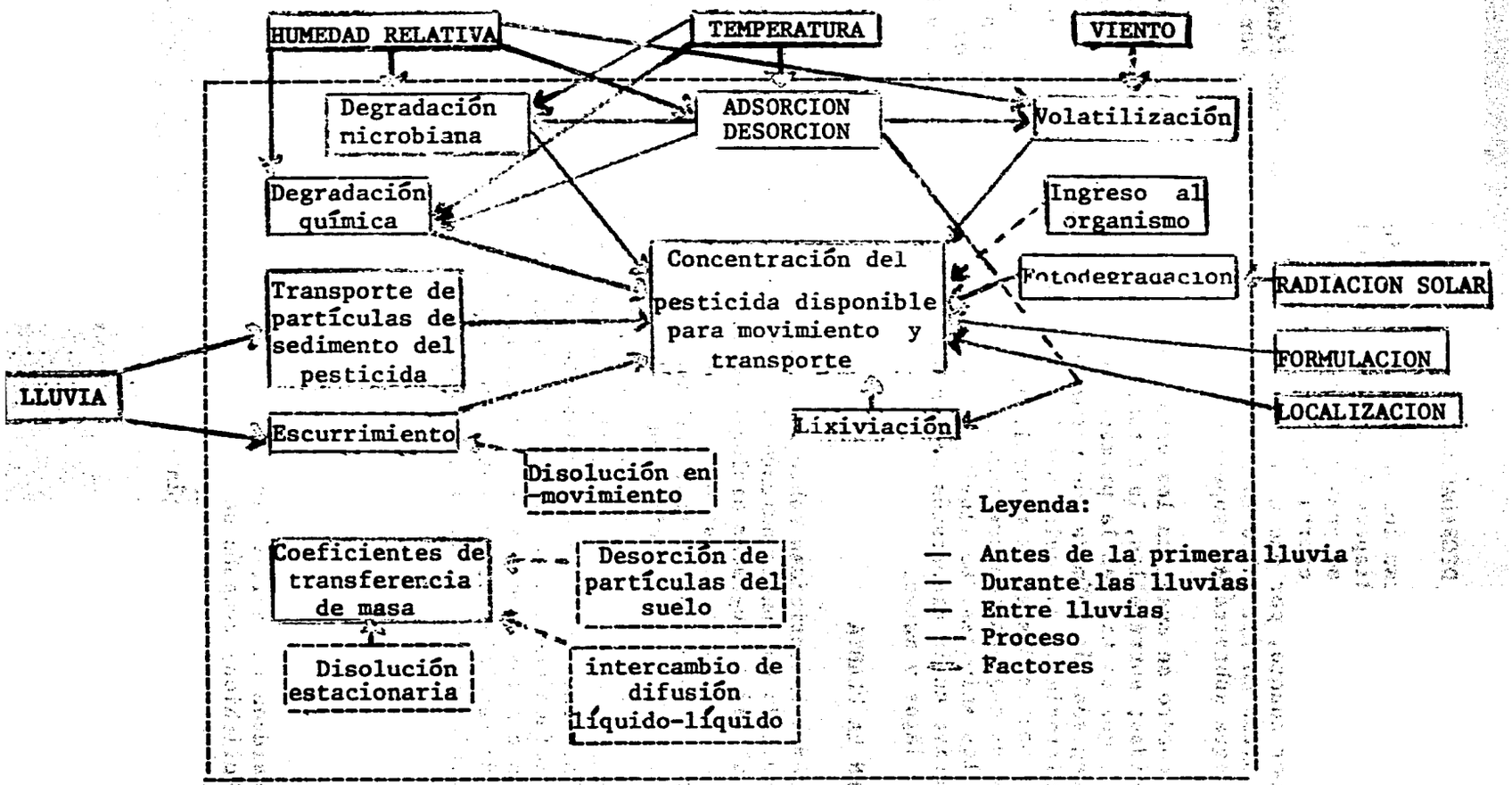
Los factores que afectan los depósitos de pesticidas y los mecanismos que intervienen en su dispersión han sido resumidos por Bailey, Swank y Nicholson (1974) y se presentan en el Cuadro . El suelo, dígase de paso, viene a ser en cierta forma el reservorio natural de los pesticidas, por cuanto, por uno u otro mecanismo, los pesticidas finalmente se depositan en él, salvo los casos en que son arrastrados por la corriente de agua subterránea superficial

En este cuadro se muestran los principales procesos de degradación de los pesticidas; entre ellos, la fotodegradación por efecto de la radiación solar, que es tal vez la primera instancia de degradación; los procesos de degradación química que normalmente ocurren en el suelo; la degradación microbiana, que quizá sea la forma más importante de degradación de los pesticidas en la naturaleza; y, por supuesto, una serie de mecanismos de degradación que actúan a nivel del organismo de las plantas y de los animales. La lluvia, por otro lado, interviene como un factor muy activo en la dispersión de los pesticidas, arrastrándolos hacia los ríos, lagos y mares.

DEGRADACION EN LA PLANTA

Si aplicamos insecticidas sobre o dentro de las plantas, éstas reaccionan poniendo en funcionamiento una serie de mecanismos enzimáticos, cuya finalidad es degradar biológicamente a los insecticidas. En la Figura 1 se ilustran fluctuaciones en las concentraciones de los residuos de tres metabolitos de fenitrothion -conocido comercialmente en el país con el nombre de Folithion sobre dos tipos de gramínea (maíz y pasto Bermuda) en función de los días transcurridos después de la aplicación. No vamos a entrar en los detalles de los diversos mecanismos de descomposición, sino señalaremos simplemente que intervienen enzimas que provocan reducciones, oxidaciones o decarboxilaciones, cuyas intensidades varían con las especies de plantas. Estos procesos dan lugar a la formación de metabolitos, que pueden ser más tóxicos o menos tóxicos que el insecticida de que provienen, o totalmente inocuos en algunos casos.

Figura 1. Residuos de fenitrothion (Folithion) después de una aplicación en aspersión de 2 kg./ha. (según Leuck y Bowman, 1969).



Cuadro 8. Procesos y factores que determinan la concentración de pesticida disponible para escurrimiento en un campo agrícola. Los factores climáticos que están fuera del cuadro son exógenos con respecto al sistema pesticida-suelo. Según Bailey et al. 1974.

DEGRADACION MICROBIANA

La degradación microbiana es, indudablemente, el principal mecanismo de descomposición de los pesticidas en la naturaleza. Como una muestra de la degradación microbiana de pesticidas, en la Figura 2 se ilustra el desarrollo o multiplicación comparativo de Streptomyces en un suelo franco con y sin tratamiento de pesticidas, después de un período de 56 días de incubación. Los pesticidas, entre los que se incluyen fungicidas, herbicidas e insecticidas, se aplicaron a la dosis de 11,227 kg. de materia activa por hectárea.

Figura 2. Efecto de algunos pesticidas sobre Streptomyces (Según Stojanovic, Kennedy y Shuman, 1972)

Claramente, hay una tremenda diferencia entre tratamientos. En el caso del suelo solo (testigo) el número de Streptomyces alcanzó alrededor de 3.5 millones por gramo de suelo seco, mientras que en los tratamientos con DBCP y bromacil, que fueron los que más favorecieron el desarrollo, los contajes superaron los 45 millones por gramo de suelo seco. En total, 15 de los 20 compuestos ensayados favorecieron el desarrollo de Streptomyces, lo que indica la habilidad del micro-organismo para degradar y metabolizar a dichos productos.

Al respecto cabe señalar que en la degradación microbiana de pesticidas se presentan dos tipos de fenómenos: uno es la utilización del pesticida como sustrato de energía, esto es, como fuente de carbón, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo o azufre, principalmente, y el otro es el proceso denominado co-metabolismo, por el cual los micro-organismos descomponen los productos sin utilizarlos o, cuando menos, sin que haya podido establecerse hasta la actualidad que los utilizan en su propio beneficio.

DEGRADACION POR LA LUZ

La descomposición por efecto de la luz es importante también para ciertos productos. En la Figura 3 se presenta la curva de descomposición del abate por acción de la luz solar, pudiendo apreciarse que al cabo de 6 días se había degradado prácticamente todo el producto. La misma solución mantenida en la obscuridad no se descompuso.

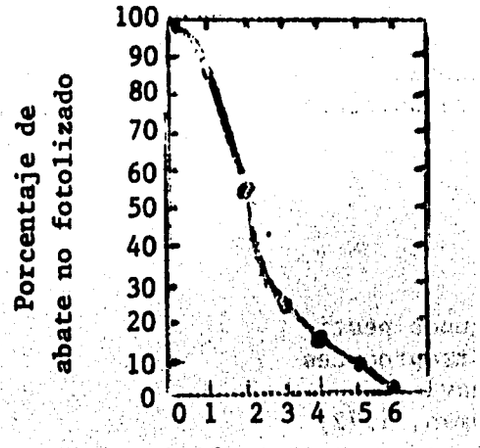


Fig. 3. Fotodescomposición del abate expuesto a la luz solar (600 ppm en metanol, en frascos de cuarzo). (Según Rosen, 1972).

LA CONCENTRACION BIOLOGICA DE LOS PESTICIDAS

Con los depósitos de pesticidas en el agua, como hemos mencionado, se produce un fenómeno sumamente importante desde el punto de vista de contaminación ambiental, que es la concentración de los pesticidas por los organismos acuáticos en una cadena trófica acuática normal, el plancton absorve los pesticidas disueltos en el agua y magnifica sus concentraciones en varias miles de veces; luego los moluscos crustáceos y peces que se alimentan del plancton multiplican a su vez las concentraciones de pesticidas existentes en el plancton en varias miles de veces más; los peces mayores y aves que se alimentan de los moluscos, crustáceos y peces menores, en su turno, continúan aumentando la concentración inicial de los pesticidas. La cadena biológica continúa así a través de los diferentes niveles de organismos consumidores hasta llegar al hombre, en una sucesión ininterrumpida de aumentos en la concentración de los pesticidas.

En el Cuadro 9 se presenta un ejemplo de la magnificación biológica de las concentraciones de DDT por la ostra oriental, en el cual puede observarse que el factor de bio-magnificación fluctúa entre 15,000 y 70,000 veces la concentración inicial del DDT en el agua. Este fenómeno ocurre con todos los pesticidas estables (persistentes), principalmente con los insecticidas clorados como el DDT, dieldrín, aldrín, BHC y en todas las cadenas tróficas conocidas.

Cuadro 9. Concentración del DDT por la ostra oriental. (1)

Nivel de Exposición		Residuo Total en el cuerpo		Factor de Biomagnificación
0.01	ppm	150.0	ppm	15,000
0.001	ppm	30.0	ppm	30,000
0.0001	ppm	7.0	ppm	70,000
0.00001	ppm	0.72	ppm	70,000

1. Según Menzie, 1972

En el Cuadro 10 se resumen las concentraciones promedios de DDT en diferentes componentes del medio ambiente, determinadas mediante muestreo en numerosas localidades. Se aprecia que las concentraciones son definitivamente mayores en los individuos que ocupan los últimos eslabones de las cadenas tróficas; verbigracia, las aves pescadoras, los mamíferos carnívoros (predatores) y el hombre.

Cuadro 10. Concentraciones promedios de DDT en los principales componentes del medio ambiente en ppm. (1)

Componentes	Concentración en ppm
Aire	0.000004
Lluvia	0.0002
Polvo atmosférico	0.04
Agua dulce	0.00001
Agua de mar	0.000001
Plancton	0.0003
Crustáceos, moluscos	0.001
Peces marinos	0.5
Peces de agua dulce	2.0
Aves pescadoras	0.0
Suelos agrícolas	2.0
Invertebrados	4.0
Plantas	0.05
Herbívoros (mamíferos)	0.5
Herbívoros (aves)	2.0
Predatores mamíferos	1.0
Verduras	0.02
Carne	0.2
Hombre (tejido adiposo)	6.0

1. Según Edwards, 1970.

SINERGISMO Y ANTAGONISMO DE MEZCLAS DE PESTICIDAS

En ciertos casos las mezclas de dos o más pesticidas pueden tener efectos mucho más fuertes que la suma de los efectos individuales de sus componentes; este fenómeno se conoce con el nombre de sinergismo; contrariamente, el fenómeno por el cual los efectos de una mezcla de pesticidas son menores que la suma de los efectos individuales de sus componentes se denomina antagonismo. De lo expuesto se deduce que el problema en el empleo de pesticidas no se limita a su actividad o efecto particular o específico sobre un determinado organismo, sino que incluye además sus posibles interacciones con otros compuestos, que pueden reforzar, disminuir o anular sus efectos. En la Figura 4, se muestran dos ejemplos, uno de sinergismo entre el diurón (herbicida) y el disulfotón (disystón) (insecticida) sobre plantas de avena y otro de antagonismo entre la simazina (herbicida) y el dexón (fungicida) sobre plantas de pepinillo (*Cucumis sativus* L.)

SUSCEPTIBILIDAD ESPECIFICA Y GENERAL A LOS PESTICIDAS

Con relación a los efectos de los pesticidas sobre los organismos vivientes, podríamos diferenciar los efectos directos o de mortalidad inmediata, de aquellos que van desde una alteración del equilibrio biológico natural hasta las modificaciones que, sin producir la muerte, van provocando algunos cambios sustanciales en la constitución biológica de los seres vivientes. En la Figura 5 se muestra la susceptibilidad de una especie de camarón a diversos análogos y derivados del DDT, apreciándose que el DDT y el DDD son sumamente tóxicos y que, por el otro lado, el DDA y el BA son muy poco tóxicos. Estos datos permiten reforzar nuestra sospecha de que la drástica disminución, y la extinción, en casos estremos, del camarón en los ríos de la Costa Central se habría debido en muchos casos a la utilización masiva de insecticidas orgánicos durante la década del 50, principalmente para el control de las plagas del algodonero. La situación en los países más tecnificados es aún más desastrosa, como puede apreciarse en el Cuadro 11, que nos ilustra la dramática reducción de la población de truchas de las Lagunas Madres en Texas, Estados Unidos, entre 1964 y 1969, debida a la contaminación por pesticidas causada por los drenajes provenientes de los campos agrícolas.

Cuadro 11. Población de truchas en las Lagunas Madres, Estados Unidos, que recibe drenajes de campos agrícolas. (1)

Año	N° de juveniles
1964	74/ha.
1965	62
1966	30
1968	6
1969	0.4

1. Según Menzie, 1972

RESIDUOS EN EL HOMBRE

Los pesticidas alcanzan su culminación, en cuanto a su movilización activa y a su significación biológica se refiere, cuando se les registra en las personas. Pues, si sólo se les detectara en el suelo y no intervinieran mayormente alterando las poblaciones de los diversos organismos vivientes, no tendrían mayor importancia. Pero, lamentablemente, esto no ocurre y -como ya hemos señalado- los residuos de pesticidas se encuentran en todos los niveles de las cadenas tróficas conocidas, muchas de las cuales culminan en el hombre, causando gran variedad de problemas en los distintos niveles.

En lo que respecta a residuos en el hombre, en el Cuadro 12 se presentan las concentraciones de insecticidas clorados hallados en el tejido adiposo de habitantes de diversos países. Interesante es resaltar que las concentraciones más altas hayan sido detectadas en la India, que no es un país altamente tecnificado y que, por consiguiente, no era previsible que le correspondiera el dudoso honor de tener los más altos índices de residuos de pesticidas en su población humana. Lo que ocurre en la India, y probablemente en numerosas otras naciones como ella, entre ellas el Perú, es que, desafortunadamente, no existe un sistema adecuado de control de residuos de pesticidas en los productos agrícolas y, consecuentemente, la población está expuesta y de hecho ingiere gran cantidad de alimentos contaminados con pesticidas.

Cuadro 12. Insecticidas clorados almacenados en el tejido adiposo humano en diversos países (en mgr./kg.). (1)

País y Año	DDT y compuestos relacionados.	DDE	Aldrín	BHC
E.E.U.U. (1961-62)	4.9	3.8	0.15	0.20
E.E.U.U. (1964)	7.6	7.0	0.14	0.48
E.E.U.U. (1964)	10.0	6.9	0.29	0.06
India (1964)	28.0	11.6	0.03	1.7
India (1964)	12.0	6.4	0.06	0.9
Inglaterra (1965)	3.1	2.0	0.21	0.34
Australia (1967)	1.7	0.93	0.05	-
Países Bajos (1968)	2.0	1.7	0.17	0.1
Francia (1963)	5.2	3.2	-	-
Italia (1967)	8.2	7.5	0.45	0.06
Israel (1967)	6.4	7.8	-	-

1. Muesteo público, según varios autores.

En las Figuras 6 y 7 se presentan los niveles de residuos de DDT y BHC, respectivamente, detectados en leche humana en diferentes Prefecturas o Estados del Japón en 1970. Según Tanabe (1972), los niveles de contaminación por BHC en leche humana y en leche de vaca fueron considerablemente más altos en la parte Sub-occidental del país, y, en estas mismas áreas, los niveles de contaminación fueron más bajos en las madres rurales que en las madres urbanas, a despecho de que las primeras estaban en contacto mucho más frecuente con pesticidas que las segundas. Tanabe atribuye este hecho a que los habitantes urbanos consumen mayor cantidad de leche y carne de vacuno que los rurales, quienes normalmente prefieren más los alimentos vegetales sobre los animales en relación a los habitantes urbanos. El principio de la cadena trófica, según el cual los residuos de pesticidas se concentran más en los animales que en las plantas, brinda sustento adicional a esta explicación. Sin embargo, recordemos, esto ocurre cuando existe un buen sistema de control de residuos sobre los productos agrícolas, que no es el caso de nuestro país. En el Japón han logrado actualmente reducir a menos del 10 por ciento la contaminación por BHC, merced a una severa campaña inicial de restricción y la ulterior prohibición del uso de este producto en el país.

EFECTOS GENERALES DE LOS PESTICIDAS EN LOS ECOSISTEMAS NATURALES Y AGRICOLAS

Hasta este punto nos hemos ocupado del problema general con relación al empleo de pesticidas. Así hemos analizado las cantidades en que se usan, su distribución en los diferentes componentes del medio ambiente, sus mecanismos de dispersión, degradación y concentración, y hemos examinado el grave peligro que representan, merced a su formidable actividad biológica, para los organismos vivientes. A continuación vamos a ocuparnos de los efectos generales de los pesticidas, que básicamente son de dos tipos: un efecto directo sobre el ecosistema agrícola y un efecto indirecto sobre los otros ecosistemas.

El efecto de los pesticidas sobre los ecosistemas agrícolas se deriva fundamentalmente de la destrucción de los enemigos naturales de las especies dañinas, es decir, de la alteración del equilibrio natural de las poblaciones benéficas y dañinas, como es bien conocido por todas las personas que utilizan pesticidas en la agricultura. La ruptura del balance biológico de los ecosistemas agrícolas provoca con frecuencia dos clases de fenómenos: uno es el rápido incremento de las poblaciones de las plagas después de que ha cesado la actividad del pesticida, fenómeno que se conoce como resurgencia de plagas; el segundo es la aparición de nuevas plagas o la adquisición del status de plaga por parte de especies fitófagas secundarias, después de sucesivas aplicaciones de pesticidas. Este segundo fenómeno se conoce comúnmente como insurgencia de plagas. Al ecosistema agrícola corresponden también, naturalmente, los problemas de residuos de pesticidas sobre las cosechas y de resistencia de las plagas a los pesticidas. Es muy posible que en nuestro país el problema más importante sea el de los residuos sobre los productos agrícolas.

En los ambientes no agrícolas, vale decir en los biomas o comunidades silvestres, se conoce que los pesticidas causan una serie de perturbaciones, pero hace falta muchísima más investigación para determinar con exactitud lo que ocurre, los cambios que se producen y la gravedad de estas alteraciones. En los países industrializados, donde existe gran conciencia y preocupación sobre este problema, se invierten sumas cuantiosas de dinero en investigaciones en este campo y se han adoptado una serie de medidas para disminuir sus efectos. En los países como el nuestro en cambio, no existe verdadera conciencia sobre la magnitud e importancia de este problema, ni siquiera en la mente de nuestros investigadores, y consecuentemente no se le confiere ninguna atención.

EL CONTROL DEL USO Y LA COMERCIALIZACION DE PESTICIDAS

Para controlar la cantidad de residuos sobre las plantas y los productos alimenticios, los países industrializados han establecido las llamadas tolerancias de residuos, que están definidas para todos los productos pesticidas de uso comercial en cada uno de los cultivos en que se les utiliza; además, se han fijado una serie de requisitos adicionales para la inscripción y registro de los pesticidas para uso comercial y se han creado e implementado debidamente los correspondientes servicios de inspección y control, para asegurar el estricto cumplimiento de los reglamentos que norman la comercialización y el empleo de los pesticidas. En Francia, por ejemplo, los pesticidas agrícolas son clasificados en 3 categorías: a) Sumamente tóxicos, b) medianamente tóxicos y c) prácticamente inocuos y existen restricciones definidas para la comercialización de los productos de cada categoría.

El Dr. L. Metcalf, eminente entomólogo estadounidense, ha señalado recientemente que "es increíble que no existan mayores restricciones para la venta de productos pesticidas altamente tóxicos, cuyos daños son más grandes que los que podrían causar los productos farmaceúticos, que sí están muy bien controlados en los Estados Unidos". Algo similar, y mucho más grave ocurre en nuestro país, pues prácticamente no contamos con ninguna restricción para la compra de pesticidas, por muy tóxicos que sean.

EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS DE PESTICIDAS EN LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS EN EL PERU

En el Perú, como ya queda señalado, no existe ningún sistema de control de residuos de pesticidas en los cultivos alimenticios y forrajeros. Así, en nuestro medio resulta frecuentemente muy peligroso consumir tomates, por ejemplo, a despecho de su alto contenido vitamínico de que nos hablaba el Dr. Collazos hace algunos momentos, por la gran cantidad de residuos de insecticidas que contienen, como consecuencia de que en muchos casos se les cosecha inmediatamente después de una aplicación.

De lo expuesto se deduce que el país necesita, impostergablemente, de un sistema que permita la fiscalización de residuos de pesticidas; en los productos alimenticios y forrajeros. Esto ha venido siendo solicitado por la Sociedad Entomológica del Perú (SEP), desde hace muchos años y hasta la fecha no se ha hecho nada, situación que conlleva, innegablemente, una tremenda responsabilidad frente a la población peruana, que está condenada a ingerir diariamente grandes cantidades de pesticidas, sin ninguna posibilidad de evitarlo.

CONTROL DE LA INGESTION DE PESTICIDAS EN OTROS PAISES

En otros países se han hecho grandes esfuerzos para proteger a los consumidores contra la ingestión de residuos de pesticidas. Para ello se han establecido los niveles de "Ingestión Diaria Admisible" (IDA) de cada producto, es decir la cantidad de pesticida que puede ser ingerida diariamente por una persona, sin causar ningún efecto dañino, agudo o crónico, a su organismo.

En el Cuadro 13, primera línea, se presentan las cifras IDA, establecidas en Inglaterra para el BHC, aldrín, dieldrín y DDT en 1971, conjuntamente con los niveles promedios de residuos de estos productos en la dieta habitual de un hombre común. Estos niveles, que se muestran en la segunda línea del Cuadro, son determinados rutinariamente a través de un servicio permanente de control de residuos en los productos alimenticios y sirven para calcular las cantidades diarias de los diferentes insecticidas que está ingiriendo, en promedio, cada miembro de la población. Estas últimas cifras que aparecen en la tercera línea del cuadro se comparan con los valores IDA para determinar si la ingestión de pesticidas está o no alcanzando niveles peligrosos. Como se aprecia en el cuadro, en Inglaterra la ingestión diaria de BHC y DDT estaba muy por debajo de los límites admisibles, pero la de aldrín y dieldrín excedía el suyo ligeramente.

Cuadro 13. Insecticidas clorados en la dieta diaria en Inglaterra (1)

	BHC	Aldrín Dieldrín	DDT
IDA mg./70 kg. (ingestión diaria admisible)	0.875	0.007	0.700
Residuo promedio en dieta, ppm (2 años muestreo)	0.010	0.006	0.027
Ingestión diaria en 1.7 Kg. de alimento	0.017	0.010	0.046

1. Según Association of Public Analysts, 1971.

Las Naciones Unidas, a través de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece y revisa periódicamente las cifras IDA y las dá a publicidad mediante un Códice de Alimento.

En el Cuadro 14, se presenta una muestra de la información que proporcionan las Naciones Unidas sobre residuos de pesticidas en los alimentos.

Estos datos deben servir de orientación a los países en desarrollo, como es el nuestro, que no tienen la capacidad instalada para realizar todas estas determinaciones independientemente. Todo lo que restaría por hacer en nuestro país es fijar las tolerancias de residuos en los alimentos, de acuerdo a nuestras dietas, y establecer un sistema de control para vigilar que éstas sean respetadas.

EL PROBLEMA DEL MAL USO DE PESTICIDAS EN EL PERU

En el Perú se han presentado problemas derivados de la utilización masiva de pesticidas principalmente insecticidas, en ciertos valles de la Costa y, en años recientes, también en algunos valles interandinos. Los problemas ocurren, fundamentalmente, porque las aplicaciones se hacen con poco o con ningún criterio técnico, dando lugar a que se empleen cantidades muy altas de pesticidas por unidad de superficie. En la Mesa Redonda sobre Sanidad Vegetal llevada a cabo en este mismo Congreso, se ha señalado ya que las normas que regían el uso de insecticidas orgánicos en algunos valles de la Costa no están siendo debidamente observadas en la actualidad, y que esta situación se debía a que los técnicos encargados de velar por su cumplimiento (básicamente determinar si se requiere o no aplicar y, en caso positivo, conceder la licencia o autorización correspondiente) han perdido autoridad o han dejado sus puestos. Consecuentemente, viene recrudeciendo el uso indiscriminado de insecticidas en esos valles y, paralelamente, se sigue aumentando irrestrictamente su uso en los restantes, con toda su secuela de fenómenos indeseados. Es, pues, necesario actualizar y ampliar el sistema de regulación del uso de pesticidas de síntesis, que son los más usados en nuestro medio.

POSIBLES SOLUCIONES AL PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR PESTICIDAS

A nivel mundial se han planteado y vienen estudiándose diversas posibles alternativas para reducir los problemas derivados del empleo de pesticidas; entre ellas se vislumbran con mayores probabilidades las tres siguientes:

1. Utilización de pesticidas bio-degradables, es decir, pesticidas que una vez aplicados sean rápidamente descompuestos por métodos biológicos, químicos o físicos.

2. Utilización de sustancias que aplicadas conjuntamente (mezcladas), o sobre (días después de aplicado el pesticida), los pesticidas contribuyan a acelerar su descomposición. Se han detectado diversos mecanismos, siendo el más efectivo y promisor hasta la fecha aquél que actúa provocando una mayor fotosensibilidación de los pesticidas, que son así más fácil o rápidamente descompuestos por acción de la luz solar.

3. Desarrollo de sistemas o programas de control integrado, que es la tendencia actual en el control de plagas. El control integrado, también llamado manejo de plagas, tiende normalmente a racionalizar o disminuir el uso de pestic idas y sólo en muy contados casos podría dar lugar a una total eliminación.

El desarrollo y aplicación de esta técnica requiere de profesionales altamente preparados, con una definida orientación o mentalidad ecológica, que actualmente son escasos en la mayoría de los países del mundo y, particularmente, en las naciones en vías de desarrollo, como es el caso del Perú. No obstante, es necesario hacer un esfuerzo para no relegarnos en este importante campo, en el cual, mediante el desarrollo del Sistema Peruano de Control Integrado de las Plagas del Algodonero, hemos sido pioneros a nivel mundial. Este sistema permanece, 20 años después de su concepción y aplicación, como el ejemplo más notable de las potencialidades de esta técnica en el control de plagas.

BIBLIOGRAFIA

1. Alexander, M. 1972. Microbial degradation of pesticides. In: Environmental toxicology of pesticides. Editado por F. Matsumura, G. Boush y T. Misato. Academic Press. 365-383.

2. Bailey, G.W., R.R. Swank, Jr., y H.P. Nicholson. 1974. Predicting pesticides runoff from agricultural land: A conceptual model. J.Environ. Quality 3: 95-102

3. Bradley, Jr., J.R., T.J. Sheets y M.D. Jackson. 1972. DDT and toxaphene movement in surface water from cotton plots. J. Environ. Quality 1: 102-105

4. Cohen y Pinkerton. 1966. Widespread translocation of pesticides by air transport and rain-out. In: Organic pesticides in the Environment. Advan. Chem.Series 60. Amer. Chem Soc., Washington, D.C. 163-176.

5. Crosby, D.G., K.W. Moilanen, M. Nakawa y A.S. Wong. 1972. Photonucleophilic reactions of pesticides, In: Environmental toxicology of pesticides. Editado por F. Matsumura et al. Acad. Press. 423-433.

6. Hubbell, D.H., D.F. Rothwell, W.B. Tappan y F.M. Rhoads. 1973. Microbial effects and persistance of some pesticide combinations in soil. J. Environ. Quality 2: 96-99.

7. Hurtig, H. 1972. Long distance transport of pesticides. In : Environmental toxicology of pesticides. Editado por F. Matsumura et al. Acad. Press. 257-280.

8. Kenaga, E.E. 1972. Factors related to bioconcentration of pesticides. (Chlorinated hydrocarbon insecticides in the environmental).. In: Environmental toxicology of pesticides. Editado por F. Matsumura et al. Acad. Press. 193-228.

9. Leck, D.B. y M.C. Bowman, 1968. Residues of Fenthion and five of its metabolites: their persistance in corn and grass forages J. Econ. Entomol. 61: 1594-1597.

10. Lykken, L. 1972. Role of photasensitizers in alteration of pesticides residues in sunlight, In: Environmental toxicology of pesticides Editado por F. Matsumura et al. Acad. Press. 449-469.

11. Matsumura, F. 1972. Current pesticides situation in the United States. In: Environmental toxicology of pesticides. Editado por F. Matsumura et al. Acad. Press. 33-59.

12. Mc New, G.L. 1972. Interrelationship between agricultural chemicals and environmental quality in perspective. J. Environ. Quality 1: 18-22.

13. Menzie, C.M.. 1972. Effects of pesticides on fish and wildlife. In: Environmental toxicology of pesticides. Editado por F. Matsumura et al. Acad. Press. 487-500.

14. Metcalf, R.L. 1972. Agricultural chemicals in relation to environmental quality: Insecticides today and tomorrow. J. Environ. Quality 1: 10-14.

15. Miyamoto, J. 1972 metabolism of organic phosphorus insecticides in plants. In: Environmental toxicology of pesticides. Editado por F. Matsumura et al. Acad. Press. 307-325.

16. Naciones Unidas. 1973. Residuos de plaguicidas en los alimentos. Informe de la Reunión Conjunta FAO/OMS de 1972. Org. para la Agric. y la Alimen.(FAO), Estudios agropecuarios. Publ.N°90 y Org. Mundial de la Salud (OMS) Inf. Técnico N° 525 p. 65.

17. Nash, R.G. y W.G. Harris 1973. Chlorinated hydrocarbon insecticides residues in crops and soil. J. Environ. Quality 2: 269-273.

18. _____. y L.L. Jansen 1973. Determining phytotoxic pesticide in interactions in soil. J. Environ. Quality 2: 503-510.

19. Nelson, L.B. 1972. Agricultural Chemicals in relation to environmental quality: chemical fertilizers, present and future. J. Environ. Quality 1: 2-6.

20. Pionke, H.B. y C. Chester. 1973. Pesticides -sediment- water interactions. J. Environ. Quality 2: 29-45.

21. Rosen, J.D. 1972. The photochemistry of several pesticides. In: Environmental toxicology of pesticides. Editado por F. Matsumura et al. Acad. Press. 435-447.

22. Spencer, W.F. y M.M. Cliath. 1973. Pesticides volatilization as related to water loss from soil J. Environ. Quality 2: 284-289.

23. Stojanovic, B.J., M.V. Kennedy y F.L. Shuman, Jr. 1972. Edaphic aspects of the disposal of unused pesticides, pesticide wastes, and pesticide containers. J.Environ. Quality 1: 54-62.

24. Tanabe, H. 1972. Contamination of milk with chlorinated hydrocarbon pesticides. In: Environmental toxicology of pesticides. Editado por F. Matsumura et al. Acad. Press. 239-256.

25. Tatsusawa, R., T. Wakimoto y T. Og awa. 1972. BHC residues in the environment. In: Environmental toxicology of pesticides. Editado por F. Matsumura et al. Acad. Press 239-256.

26. Walker, W.M. y B.J. Stojanovic. 1973. Microbial versus chemical degradation of malathion in soil. J. Environ. Quality 2: 229-232.

RESISTENCIA A INSECTICIDAS

Dr. Klaus Raven.
Universidad Nacional Agraria
La Molina.

¿Qué es resistencia?
¿Qué es susceptibilidad?

En términos generales podemos decir que ambos conceptos no son otra cosa que la expresión cuantitativa de la relación dosis/mortalidad del efecto de un producto químico en una población de insectos, es decir, - "La cantidad de insecticida requerido para matar un determinado porcentaje de una población de insectos". Intimamente ligado a estos conceptos está a su vez el de especificidad.

Es así como se habla comunmente de insecticidas específicos, cuando un producto en relativamente bajas dosis produce una mortalidad elevada en las poblaciones de una especie dada; en tanto que se dice que un producto no es específico cuando en dosis relativamente elevadas de un producto de efecto insecticida no se obtiene efectos notorios de mortalidad en una población debido a una resistencia natural.

Por este motivo, cuando hoy en día se habla de RESISTENCIA, generalmente se hace referencia a poblaciones de una especie determinada originalmente susceptible a la acción de un producto o grupo de productos que han adquirido la habilidad de tolerar dosis que originalmente resultaban altamente tóxicas.

O también: Para describir las poblaciones de una especie determinada que son capaces de tolerar dosis de productos tóxicos que para otras poblaciones de la misma especie resultarían letales.

Naturaleza de la Resistencia

La adquisición de resistencia a insecticidas por una población de insectos descansa sobre la Variabilidad Natural, por la cual individuos de una población cualquiera difieren genotípicamente; por este motivo ningún agente de mortalidad actuará de la misma forma sobre todos los individuos de una misma población, ni su acción en dos poblaciones diferentes será igual.

Este fenómeno de variabilidad provee la posibilidad para que, a través de un proceso de selección que se realiza al introducir al medio ambiente un nuevo agente de selección, el insecticida, y al eliminar este progresivamente a los individuos más susceptibles, se permita solo la supervivencia de los más resistentes, los cuales progresivamente van a dominar entre la descendencia. Este es uno de los ejemplos más claros de evolución por selección natural establecida por Darwin. Ordinariamente, la evolución ocurre tan lentamente que es difícil su observación; pero el - cambio en el ambiente puede cambiar el curso de la evolución tal como ha

sucedido con los animales domésticos y con las plantas. Para muchos insectos, el cambio del medio ambiente al introducirse en corto tiempo los diversos tipos de insecticidas, debe haber tenido efectos similares a un cataclismo; pero es evidente que los insectos han reaccionado valerosamente y se han adaptado admirablemente.

Toda vez que una población tenga cierta variabilidad genética, la selección por resistencia al insecticida, al seguir actuando, seleccionará tipos cada vez más resistentes.

Estudios efectuados por diversos autores (Milani, 1956; Crow, 1957; y Brown, 1958) han permitido establecer que la generación de resistencia al comienzo es sumamente lenta, y posteriormente este proceso se acelera notablemente. Esto puede atribuirse a razones genéticas, ya que en cada generación la frecuencia de los genes de resistencia será mayor. Ejemplo de este fenómeno lo constituye Drosophila sp. de la cual una población en 6 meses sextuplicó su resistencia al DDT, en tanto que en los 3 años subsiguientes aumentó su resistencia a 2000 X.

Sin embargo, también se ha constatado que en algunos casos el aumento de la resistencia termina súbitamente aún a niveles relativamente bajos. Este fenómeno fue observado en la Mosca Oriental de la fruta, Daccus dorsalis cuya resistencia aumentó sólo hasta la cuarta generación. En la pulga oriental de ratas, Xenopsylla cheopis sólo se observaron aumentos hasta la tercera generación. Este fenómeno eventualmente puede atribuirse a una posible homozigocidad de la resistencia en las poblaciones estudiadas en laboratorio; pero se debe suponer que bajo condiciones naturales no debe producirse con frecuencia. Bajo condiciones de laboratorio, la selección generalmente es acompañada de fenómenos de consanguinidad; pero también se debe considerar el caso de una limitación en la formación de resistencia por Heterozigosis, especialmente cuando el factor de resistencia está ligado a un menor potencial de reproducción y de crecimiento y desarrollo.

Fisiología de la Resistencia

Estudios realizados sobre este particular han permitido establecer que la resistencia se puede atribuir a diversas causas entre las cuales podemos mencionar:

1.- Capacidad del insecto de metabolizar el insecticida

En este caso los insectos son capaces de degradar a los insecticidas, dando lugar a sub-productos o metabolitos inertes o no tóxicos. Un ejemplo frecuentemente citado es la degradación en Musca domestica del DDT, el cual al ser dehidroclorinado da lugar al DDE, y otros metabolitos que son excretados. Se ha demostrado que en insectos naturalmente resistentes al DDT, el destino metabólico de este varía con las diferentes especies; pero que en general es transformado a DDE, y en parte también es excretado directamente o también puede ser acumulado en el cuerpo graso en forma de DDE.

En el caso de la mosca domestica, se ha demostrado que la detoxificación del DDT se efectúa por medio de la diastasa DDT-de Hidrocolinesterasa. Sin embargo, en otros insectos como p.e. Drosophila sp. el mecanismo aparentemente es diferente.

En la misma forma, otros insecticidas también son degradados por acción enzimática pero los mecanismos son diferentes .

2.- Acción de Enzimas respiratorios

En Aonidiella aurantii se ha demostrado que la susceptibilidad a insecticidas está ligada a enzimas respiratorias que contienen metales pesados, en tanto que la resistencia está relacionada con enzimas respiratorios sin metales pesados, que confieren al insecto una capacidad de resistir a la fumigación.

3.- Otros factores que contribuyen a la resistencia

Entre estos, los cuales pueden ser reforzados por selección, se pueden mencionar:

a) Aumento del espesor de la cutícula o reducción de su permeabilidad. Esto se ha observado en langostas.

b) Aumento de tamaño, requiriendo así cada individuo una mayor dosis.

c) Hábitos que favorecen la evasión a insecticidas. Como ejemplo:

I.- moscas que viven en el suelo o partes bajas de paredes y estan en lugares que no son aplicados con insecticidas.

II.- hábitos de oviposición y desarrollo, al interior de bracteas o al interior de tejidos.
Ej. hembras de Heliothis virescens y larvas de Bucculatrix

d) Hipersensibilidad: una susceptibilidad inicial muy grande, seguida de una rápida recuperación, impidiendo que el insecto tome una dosis lo suficientemente grande como para causarle la muerte.

4.- Resistencia Cruzada

La adquisición de resistencia a un insecticida facilita la adquisición de resistencia a otros insecticidas del mismo tipo, siendo esto particularmente cierto en insecticidas clorados.

-Resistencia al DDT y análogos

-Resistencia a diferentes insecticidas clorados

-Resistencia espontánea al DDT y otros clorados

Bruce, desarrolló por selección una población resistente al metoxicloro que es susceptible al DDT, y otra altamente resistente al Lindano y ligeramente resistente a otros clorados y concluyó: "La resistencia depende de factores múltiples (poligenia) que difícilmente serían clasificados como dominantes o recesivos".

5.- Respecto a lo mencionado anteriormente, se debe señalar que, de una susceptibilidad inmediata inicial muy grande, es muy dudoso que dosis sub-letales aumentaran la resistencia o tolerancia en su propia vida o condicionaran a la descendencia de un insecto a la adquisición de resistencia.

Así por ejemplo, intentos de provocar condicionamiento en Drosophila al DDT y BHC, demostraron que dosis sub-letales únicamente provocaron un incremento en la susceptibilidad y prueban que el DDT en este caso actúa como un insecticida de acumulación.

En esta especie se demostró que un aumento en generaciones sucesivas sólo ocurrió cuando las dosis de acondicionamiento eran muy altas, es decir, como para producir una mortalidad cerca del 90% condición en que la selección sólo permitía la supervivencia de las formas o individuos más resistentes.

Sin embargo, en Oncopeltus fasciatus se logró un continuo aumento en la resistencia al DDT y Toxapheno seleccionando sobrevivientes a nivel de DL_{50}, obteniéndose al cabo de 17 generaciones incrementos de 3.7 veces la resistencia original.

También existen excepciones a la regla de que dosis altas son más favorables para seleccionar poblaciones resistentes, en vista de que una excesiva mortalidad puede reducir la variabilidad dentro de una población.

6.- Factores que afectan la resistencia

a) Temperatura: En Periplaneta americana se ha observado que la mortalidad es mayor a temperaturas más bajas. Así, aplicaciones de 15 mg. de DDT matan 100% a 20°C; pero a 35°C la mortalidad es 0%.

b) Sexo: En Periplaneta americana se observó que la mortalidad era mayor en hembras, lo cual no puede ser atribuído a diferencias en el contenido en lípidos en los sexos, sino más bien sólo a este factor.

c) Alimentación: En Periplaneta , dietas ricas en proteínas aumentan la susceptibilidad; pero lo contrario es cierto para Daccus dorsalis. En esta última especie se demostró que con aplicaciones de Parathión a la dosis de 5 ppm. al cabo de 48 horas se lograba una mortalidad de 66% cuando la dieta era pulpa de fruta; pero sólo 1% cuando los insectos eran alimentados en base a proteínas y vitami

nas. En Tetranychus bimaculatus existen poblaciones resistentes al Parathión cuando se desarrollan sobre rosales, pero esta resistencia se puede alterar transfiriéndolos al frijol.

Genética de la Resistencia

Se ha demostrado que la resistencia a insecticidas es del tipo de preadaptación y no post-adaptativo.

En estudios sobre resistencia de bacterias a virus y a antibióticos se ha observado que la resistencia es preadaptativa porque la variabilidad de células resistentes en clones repetidos era muy grande para una resistencia post-adaptativa.

Con drogas se obtuvieron resultados muy similares. Más convincente fue aún la obtención de un cultivo resistente seleccionando células que jamás habían tenido contacto con la droga, demostrándose así que el contacto con la droga no era una condición necesaria para la existencia de resistencia y por lo tanto, no era del tipo pre-adaptativo.

Como ya se ha visto anteriormente, es sumamente difícil obtener resistencia en insectos con dosis relativamente bajas, requiriéndose generalmente dosis altas para ejercer la suficiente presión externa para poder seleccionar por resistencia.

El DDT no provoca mutaciones, lo mismo que el BHC. Además, no se obbiene ningún cambio en la resistencia de Drosophila seleccionando entre líneas intracruzadas, no habiendo así razón para creer que los efectos directos del insecticida provoquen resistencia post-adaptativa.

Factores Extracromosomáticos

Crow (1957) al analizar los factores hereditarios que determinan la resistencia a insecticidas indica que esta puede descansar en:

a) Simbiotes hereditarios que tienen los insectos.

b) Partículas protoplasmáticas autoperpetuantes, y cita:

-Sensibilidad al éter, hereditaria e influída citoplasmáticamente.

-Influencia extracromosómica sobre la esterilidad de híbridos entre poblaciones de mosquitos.

Señala asímismo, que la herencia extracromosomática origina diferencias de resistencia entre cruces recíprocos.

En los cruces recíprocos los factores ligados al sexo resultan en identica progenie en el sexo homogamético; pero se diferencian de la progenie heterogamática, siendo así fácilmente reconocibles. Para distinguir de

antemano la influencia material, debido quizá a la expresión genotipica retardada y factores extracromosómicos como partículas autoperpetuantes, pueden ser difícil, especialmente si las partículas dependen de la constitución cromosómica.

No hay evidencia de herencia extracromosómica en Drosophila ya que los resultados son identicos en los cruces recíprocos. Una excepción es la mosca doméstica; pero como no se hizo un análisis genético no se sabe a ciencia cierta si se trata de una influencia material o extracromosómica.

Crow (1957) señala que la resistencia en bacterias se adquiere gradualmente y es del tipo poligénica; pero que la resistencia a Streptomycina la adquiere en un solo paso y por eso debe ser atribuíble a un solo factor.

En Drosophila, la resistencia no obedece a la presencia de enzimas del tipo hidroclorinasa, como es el caso de Musca domestica y los valores de resistencia no alcanzan el nivel del que se observa en la mosca casera.

Estudios sobre resistencia de larvas al DDT y otros insecticidas con poblaciones silvestres y de laboratorio, encontraron diferencias, siendo 2 poblaciones especialmente resistentes y demostraron que un solo factor dominante determinaba la resistencia.

Pruebas con BHC demostraron que la resistencia al mismo dependía de un solo factor.

Las mismas larvas demostraron resistencia al Parathión, Malathión y Sulfato de Nicotina, siendo la resistencia a este último dependiente de varios factores.

La resistencia al DDT en adultos de Drosophila es poligénica, apreciándose que la presencia de cada cromosoma grande de la población resistente aportó una gran contribución a la resistencia en los cruzamientos, y aunque no se fijó la ubicación de los factores que aportan la mayor parte de la resistencia en cromosomas, los resultados de los análisis de los factores dominantes en otros cromosomas no son concluyentes; Crow (1957) estima que cada uno de los cromosomas contribuye a la resistencia y que es aparente que hay varios genes en cada cromosoma, es decir, que la resistencia en esa población es poligénica.

La herencia de la resistencia puede ser atribuible a los siguientes factores:

-Autosómicos
-Puede ser poligénica o monogénica
-Puede ser un factor ligado al sexo
-Puede depender de factores extracromosómicos o citoplasmáticos.

Según el mismo autor, en la naturaleza la selección por resistencia se acompañaría por una selección natural por viabilidad general y fertili-

dad, de modo que no es aparente que factores que son desventajosos serían seleccionados. Así la reversión debe ser lenta y no debe fomentarse la esperanza de que en un corto tiempo de ausencia de insecticidas se logrará la reversión de la resistencia. Si ocurre la reversión, la difusión de los genes de susceptibilidad normal, tan raros en la población resistente, como los de resistencia en la población original, tomaría mucho tiempo y sería muy fácil que la población se tornara otra vez rápidamente resistente.

De todos modos, en la resistencia a insecticidas los genotipos son menos viables o desarrollan más lentamente o son menos fértiles o el genotipo más resistente puede ser un Homozygota más que un Heterozygota.

En los dos casos, uno de los cuales correspondería a una población de laboratorio sin intercruzamiento y el otro a una población de campo, el factor dominante R permaneció en una posición no fija.

Sólo mediante consanguinidad, no la selección sola, se puede obtener una población Homozygota. Esto significa que de algún modo, el Homozygota debe ser menos adaptado, de manera que en la competencia natural es regularmente eliminado.

Es por eso que debe creerse que la reversión en la mayoría de los casos, aún en aquellos en que la selección por resistencia se acompaña de intensa selección natural, ocurrirá sólo lentamente.