

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
WASHINGTON, D. C. 20523

BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET

FOR AID USE ONLY

BATCH 47

1. SUBJECT CLASSIFICATION	A. PRIMARY Food production and nutrition	AH00-0000-0000
	B. SECONDARY Plant protection	

2. TITLE AND SUBTITLE
Enfoque agromedico al manejo de pesticidas

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

4. DOCUMENT DATE 1976	5. NUMBER OF PAGES 131p.	6. ARC NUMBER ARC
--------------------------	-----------------------------	----------------------

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS
Calif.--Berkeley

8. SUPPLEMENTARY NOTES (Sponsoring Organization, Publishers, Availability)
(In English and Spanish; English,120p.:PN-AAC-937)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER PN-AAC-938	11. PRICE OF DOCUMENT
----------------------------------	-----------------------

12. DEWEY REPORTS Chemical analysis Environmental engineering Insect control Materials handling Medical aspects Meetings Pest control Pesticides	13. PROJECT NUMBER
	14. CONTRACT NUMBER AID/ta-C-1195 GTS
	15. TYPE OF DOCUMENT

**Enfoque Agromédico
al Manejo de Pesticidas
...**

**Proyecto UC/AID de Manejo
de Plagas y Protección
Ambiental Relacionada**

Enero 1976

ENFOQUE AGROMÉDICO AL MANEJO DE PESTICIDAS

Enero 1976

Esta compilación fue preparada para la Agencia de Desarrollo Internacional de los Estados Unidos por el Proyecto UC/AID en Manejo de Plagas y Protección Ambiental Relacionada en la Universidad de California, Berkeley, bajo Contrato No. AID/ta-C-1195.



Ceremonias de apertura (Manila, las Filipinas, 10 de febrero, 1975)
de la tercera en una serie de seminarios/mesas redondas sobre el tema
de Manejo de Pesticidas. Esta serie es auspiciado por la Agencia para
Desarrollo Internacional de los Estados Unidos y el UC/AID Proyecto en
Manejo de Plagas y Protección Ambiental Relacionada con el propósito
de asistir países a mejorar sus prácticas de manejo de pesticidas. Estos
seminarios/mesas redondas son presentados en cooperación con las agencias
locales, nacionales e internacionales del país participante así como la
industria privada.

TABLA DE CONTENIDOS

	<u>Página</u>
PRÓLOGO	i
INTRODUCCIÓN	ii
ENFOQUE AGROMÉDICO AL MANEJO DE PESTICIDAS J. E. Davies, V. H. Freed y R. F. Smith	1
PROBLEMAS MUNDIALES DE LOS PESTICIDAS W. R. Furtick y R. F. Smith	9
EL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS Y SU IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA R. F. Smith	14
LA IMPLICACIÓN DE INSECTICIDAS AGRÍCOLAS EN EL DESARROLLO DE RESISTENCIA POR MOSQUITOS G. P. Georghiou	27
PRESENTES PROBLEMAS MÉDICOS DE MANEJO DE PESTICIDAS - J. E. Davies	46
ASPECTOS MÉDICOS DE ENVENENAMIENTO CON PESTICIDAS - DIAGNOSIS Y TRATAMIENTO J. E. Davies	59
QUIMICA DE PESTICIDAS - I. J. Tinsley	67
ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PESTICIDAS I. J. Tinsley	74
QUIMODINÁMICA - V. H. Freed	82
APLICACIÓN DE PESTICIDAS - W. E. Yates	96
FORMULACIÓN DE PESTICIDAS PARA UN CONTROL DE PLAGAS MÁS SEGURO Y EFECTIVO V. H. Freed	103
ALMACENAMIENTO, MANEJO Y DESHECHO DE QUÍMICOS V. H. Freed	115

PRÓLOGO

El objetivo de este volumen es dar antecedentes en manejo de pesticidas dirigido a: a) asistir en el aumento de producción de alimentos; b) mejor protección de la salud humana de las enfermedades transmitidas por vectores; c) prevención de envenenamiento humano; d) prevención de contaminación ambiental; y e) evitar la resistencia de plagas. Esperamos que trabajadores profesionales en agricultura y salud y administradores en esos campos también como en la industria de pesticidas químicos lo encontrarán de interés. Otros que deben encontrar el manual de utilidad son aquellos responsables de planear los programas del país y la industria. El volumen es basado en presentaciones ofrecidas en mesas redondas/seminarios previos en manejo de pesticidas auspiciados por el proyecto UC/AID en Manejo de Plagas.

Copias adicionales pueden obtenerse del:

Project Director
UC/AID Pest Management Project
137 Giannini Hall
University of California
Berkeley, California 94720

INTRODUCCIÓN

Ray F. Smith

Director

Proyecto en Manejo de Plagas
Universidad de California/AID

En nombre del Proyecto Universidad de California/U.S. Agencia para Desarrollo Internacional para Manejo de Plagas y Protección Ambiental Relacionada, yo quiero darles la bienvenida a este seminario/ mesa redonda en manejo de pesticidas. Esta reunión nos ofrece una oportunidad excepcional para todos nosotros a reunirnos y enfocar nuestra atención en los problemas mutuos que enfrentamos con relación a uso de pesticidas en los sectores de agricultura y salud pública de nuestras comunidades. El propósito de este seminario/ mesa redonda es proveerles a ustedes con un mayor conocimiento y entendimiento de pesticidas y también actualizarles con la tecnología conocida como manejo de pesticidas.

Brevemente expuesto, manejo de pesticidas es la tecnología que trata con el uso y manejo seguro, económico y eficiente de pesticidas desde la manufactura hasta la utilización y deshecho final. Incluidos en este proceso están formulación, empaque, transporte, almacenamiento, registración oficial para uso y venta, selección para uso, aplicación y el deshecho de envases y material indeseable. En adición, manejo de pesticidas se trata de los problemas de residuos en alimentos y el ambiente y su impacto en el bienestar del hombre. Sin duda, manejo de pesticidas debe ser considerado un componente integral de buen manejo de vectores y pestes.

Es apropiado en este punto preguntar: ¿Como puede lograrse el uso y manejo seguro de pesticidas? Idealmente, manejo de pesticidas se logra a través de un ataque interdisciplinario conocido como el enfoque de equipo Agro-médico. Este enfoque combina los muchos talentos y experiencia de ciencias agrícolas y médicas para atacar los problemas de manejo de pesticidas comunes a agricultura, salud, y sociedad, y ya ha sido utilizado en un número de países. La lógica de este enfoque agro-médico ha sido demostrado en estos países y se deriva del hecho que el bienestar de una comunidad no se encuentra solamente en el estado económico, sino en sus estados de nutrición y salud también. Buen manejo de pesticidas puede hacer una diferencia considerable a los estados económicos, nutricionales y de salud de la ciudad, país o región.

La necesidad de entrenamiento en manejo de pesticidas ha existido por muchos años, pero solamente dentro de los pocos últimos años ha sido ampliamente reconocida la vital importancia y urgencia de proveer este

entrenamiento. Las señales de que vivimos en uno de los períodos más críticos del hombre sobre la tierra son inconfundibles. Los próximos años venideros tienen que proveer respuestas a las preguntas más vitales para el hombre y su bienestar. ¿Podemos proveer un suministro de alimentos adecuado para la población mundial? ¿Podemos hacer esto sin destruir irrecuperablemente nuestro ambiente y su futura capacidad productiva? ¿Podemos controlar o eliminar las enfermedades del hombre que continúan a desgastar su salud y bienestar?

Un elemento crítico en una respuesta satisfactoria y completa a todas estas tres preguntas es control de plagas y enfermedades. No podemos producir un suministro de alimentos adecuado sin control de plagas mejorados. No podemos mantener la calidad de nuestro ambiente sin un control de plagas más ecológicamente orientado. No podemos controlar muchas de las enfermedades que plagan al hombre sin buen control de plagas.

Es por estas razones que protección de plantas y control de plagas se ponen en un nuevo contexto hoy comparado a aquel prevalente tan recientemente como hace cinco años. La creciente población mundial requiere un creciente suministro de alimentos y fibra. Para obtener este suministro más grande mejor protección de enfermedades, insectos y otras plagas serán requeridas. Desafortunadamente, la tarea de obtener esta meta deseada de producción mejorada a través de mejor control de plagas se ha hecho más difícil. Han habido grandes aumentos en producción de alimentos en algunas regiones del mundo. Estos aumentos han sido logrados a través de variedades mejoradas, métodos culturales y hasta cierto punto control de plagas. Sin embargo, la protección de este nuevo suministro de alimentos descansa en una base muy frágil. Por ejemplo, hemos reducido la base genética de nuestros cultivos agrícolas y la habilidad de esos cultivos para resistir nuevas plagas o viejas plagas en una nueva forma. La resistencia en cierta población de insectos ha reducido grandemente la efectividad de pesticidas químicos en un número de importantes situaciones.

Sin embargo, no obstante la variedad de problemas muy difíciles asociados con nuestros pesticidas químicos, por ejemplo, intoxicación humana, destrucción de insectos beneficiosos y desarrollo de resistencia, esos insecticidas aún son esenciales en la protección de nuestros cultivos y salud. En efecto, la escasez de pesticidas que nos ha plagado recientemente ha demostrado dramáticamente el papel esencial de los pesticidas.

Este seminario/mesa redonda está planeado como una sesión de estudio/trabajo para proveer un plan funcional para manejo mejorado de pesticidas en esta región. La presentación de charlas técnicas en tópicos tales como química de pesticidas y metabolismo, efectos bioquímicos y fisiológicos de los pesticidas, aspectos médicos de envenenamiento con pesticidas, formulación de pesticidas y aplicación, enfoques agromédicos a manejo de pesticidas, etc. es con el propósito de compartir una base de conocimiento común con ustedes en vista a pesticidas, sus

propiedades, uso y toxicología, y los problemas de persistencia, resistencia y envenenamiento en relación con manejo de plagas. Las sesiones de la mesa redonda tienen como objetivo la formación de equipos interdisciplinarios que emprenderán el problema de desarrollar un sistema y organización para el establecimiento de equipos de manejo de pesticidas, una actividad de centro distribuidor para enfrentar problemas de persistencia, resistencia, y envenenamiento y una capacidad para chequear y analizar residuos de pesticidas. Estos equipos también harán recomendaciones para la implementación de esos programas de manejo de pesticidas. Nosotros esperamos con ilusión que un control mejorado de plagas resulte de las recomendaciones de esta reunión y así producción de cultivos aumentado y salud humana mejorada.

Nosotros, que somos representantes del proyecto UC/AID en manejo de plagas y relacionada protección ambiental, estamos muy contentos de ser capaz de trabajar con ustedes en este seminario/mesa redonda. Esperamos a una sesión muy productiva.

ENFOQUE AGROMÉDICO AL MANEJO DE PESTICIDAS

J. E. Davies, M.C., M.P.H.
Departamento de Epidemiología
Escuela de Medicina, Universidad de Miami

Virgil H. Freed, Ph.D.
Departamento de Química Agrícola
Universidad de Oregon State
Corvallis, Oregon, U.S.A.

Ray F. Smith
Departamento de Ciencias Entomológicas
Universidad de California, Berkeley
y
Director del UC/AID Proyecto en Manejo de Plagas

Historia y evaluación del problema

Los efectos combinados de un aumento en el crecimiento de la población y la simultánea necesidad de producir suficientes alimentos para el mundo es uno de los problemas más urgentes y desafiantes que enfrentan los gobiernos del mundo hoy. El problema es de igual preocupación para los países en desarrollo y desarrollados - en efecto es un problema global.

No obstante que en muchas partes del mundo se hacen intentos para encontrar soluciones al problema del aumento en crecimiento no parece que la solución esté en este momento a la mano. Los demógrafos pronostican el doblamiento de la población mundial para fines del siglo, y por lo tanto los esfuerzos para evitar inanición y hambrunas deben proceder con el máximo vigor.

Muchos países están evaluando la situación, buscando averiguar si los esfuerzos y programas presentes son suficientes para satisfacer la demanda. Por ejemplo, el proyecto Universidad de California/USAID que representa un amplio enfoque a un manejo de plagas global, utilizando las capacidades multidisciplinarias de varias universidades de los Estados Unidos, es soportado por el programa USAID del Departamento de Estado. Este proyecto ya ha efectuado siete estudios multidisciplinarios de manejo de plagas en distintas partes del mundo. En adición a manejo de plagas, manejo de pesticidas ha recibido énfasis especial y con el propósito de fomentar esta meta seminarios acerca de manejo de pesticidas involucrando salud y agricultura se han efectuado en El Salvador, Indonesia, y en Filipinas donde los problemas de manejo de pesticidas eran explorados y enfocados por ambas disciplinas.

Es aparente de estos seminarios, presentados en diferentes partes del mundo, que ninguna de esas disciplinas duda el papel importante y continuo que los pesticidas jugarán en las demandas futuras para incrementar la producción de alimentos y para el control continuado de enfermedades de humanos transmitidas por insectos. Manejo de pesticidas es mirado como un componente integral de manejo de plagas y vectores; es nuestra opinión que las metas últimas de una producción de alimentos mejor y el control de enfermedades transmitidas por insectos, solamente serán alcanzados a través del enfoque de manejo de plagas, una filosofía de la cual el Dr. Ray Smith es uno de los más notados defensores en el mundo. Manejo seguro de pesticidas es obviamente un componente esencial y posiblemente un prerequisite de control integrado de pestes.

Durante nuestra participación interdisciplinaria en los seminarios acerca de manejo de pesticidas en esas áreas del mundo, tres áreas de manejo de pesticidas fueron reconocidas. Esas áreas fueron:

1. El aumento en los casos de envenenamiento de humanos;
2. El problema de la persistencia y la contaminación de los alimentos y el hombre con vestigias cantidades de residuos de pesticidas en el ambiente; y
3. El continuado aumento en el problema de la resistencia aumentada de las plagas y vectores.

Esos fueron problemas que fueron de igual preocupación a las disciplinas de agricultura y salud. El interés común en esos tres problemas de ambas disciplinas nos ha hecho crear la frase problemas "Agro-médicos" del manejo de pesticidas. Tanto los problemas como sus soluciones fueron de un interés mutuo para agricultura y salud. Desde el primer reconocimiento de esos tres problemas en El Salvador, sucesos políticos mundiales han producido un cuarto problema, a saber, el problema de la escasez de pesticidas y la necesidad en el futuro de preservar pesticidas. Este tópico fue discutido en otra presentación de este reporte. En esta presentación se muestra evidencia que hace énfasis en la escasez de pesticidas y que demuestra la necesidad de conservarlos y la promoción de enfoques de control integrado de plagas. Me gustaría suministrar algunos datos que yo creo soporta o confirma la seriedad de los otros tres problemas - a saber, envenenamiento, persistencia y resistencia.

Envenenamiento de humanos con pesticidas

Este tópico ha sido examinado más que suficientemente en diferentes seminarios y hay copias de esos primeros reportes disponible. Muchos de esos reportes sustentan los datos diciendo que medidas exactas de la ocurrencia de envenenamientos son incompletas. Enfermedad y envenenamiento relacionados con pesticidas no se reportan en la mayoría de las áreas del mundo y por la mayor parte rara vez son cuidadosamente investigadas. Rara vez hay la información que describe el tipo y la naturaleza de la exposición, hallazgos clínicos, el resultado de la investigación de las causas del envenenamiento y las investigaciones químicas y toxicológicas

apropiadas que respalde esos hallazgos. Sin embargo, las estadísticas tal como son, son impresionantes. Como ha sido mencionado la OMS estima que hay 500,000 envenenamientos con pesticidas anualmente y que probablemente la rata de mortalidad es 1%. Durante nuestra visita a El Salvador hubo razón para creer que estaban tomando estadísticas exactas acerca de envenenamiento de humanos y esas estadísticas aparecen en la tabla 2 en la presentación titulada, "Presentes problemas médicos de manejo de pesticidas," y que se incluyen en estas actas. Datos similares aunque aún pobres fueron recolectados por el autor en 1967-68 durante un reconocimiento en Java, Bali y Sumatra del Norte. La información fue obtenida en 478 casos. Siguiendo esto, equipos para protección contra pesticidas fueron organizados en 14 provincias de Indonesia y en contraste al reporte anterior 452 envenenamientos fueron reportados. En esta ocasión los fosfatos orgánicos fueron los compuestos químicos más importantes envueltos y 138 casos de envenenamiento con organofosfatos fueron reportados, mientras que en el primer reconocimiento, los compuestos organoclorinados fueron los más importantes. El concepto de protección contra pesticidas o equipos de manejo usando un enfoque interdisciplinario al problema fue por primera vez explorado por el ministerio de Salud del gobierno de Indonesia. En este momento, estos equipos para la protección contra pesticidas consisten de un oficial de salud pública, quien normalmente es un médico con experiencia especial en esta área, y un químico o un farmacéutico. Este último ha recibido entrenamiento para la detección de colinesterasa y cromatografía de laminas finas. Las medidas de colinesterasas se obtienen con estudios tintométricos y la OMS ha suministrado el equipo necesario para esas 14 provincias.

El Problema de la Persistencia

El problema de la contaminación accidental de alimentos, particularmente carne y tabaco ha sido encontrado en varias partes del mundo. América Central también ha tenido problemas con residuos en la carne en ciertos momentos. En un momento particular las exportaciones de carne fueron prohibidas porque los residuos de organoclorinados excedieron los niveles tolerables de los países importadores. Estas contaminaciones accidentales causaron pérdidas económicas en los países exportadores y además crearon problemas acerca de como deshacerse de los productos contaminados. De igual preocupación en el campo de la salud pública es la magnitud de la contaminación humana. Aunque hasta el momento no se ha demostrado efectos adversos debido a la ingestión de vestigias cantidades de pesticidas, el perfil químico de nuestro ambiente cambia rápidamente y pocos dudarán la necesidad de programas regulares para la detección en el humano de vestigias cantidades de químicos no pesticidas, contaminantes y otros agentes contaminadores ambientales que pueden medirse en la grasa, orina, cabello u otros tejidos apropiados del cuerpo humano. Ha resaltado la necesidad de estudios epidemiológicos descriptivos de la distribución de frecuencia de estos contaminantes ambientales en la población y la necesidad de que estos estudios sean representativos, especialmente en lo referente al tamaño de la muestra y la cantidad de estratificación requerida para cubrir la variación geográfica y demográfica.

El Problema de la Resistencia

Este ha sido el tercer problema de manejo de pesticidas encontrado por el proyecto. El estado actual de la resistencia de los insectos en diferentes áreas del mundo es de importancia a los expertos en protección de cultivos. En la misma manera, el problema de la resistencia de Anofelinos es de preocupación a salud pública. Esto fue visto especialmente en América Central. Aquí en el pasado, el efectivo programa de control de vectores de la malaria ha alcanzado su meta a través de la aplicación de DDT dentro de la casa - un lugar que no contribuye significativamente a la contaminación del ambiente por este pesticida. Sin embargo varias autoridades han discutido que los usos agrícolas de pesticidas han proporcionado al vector de la malaria la oportunidad de adquirir resistencia. Esto ciertamente parecía ser el caso en América Central donde los programas de control de la malaria dependieron primeramente en DDT, luego en Dieldrín y finalmente en propoxur para obtener control. En el momento presente en El Salvador y en Guatemala, Anopheles albimanus, el vector local de la malaria es resistente a todos esos 3 insecticidas y Georghiou ha sugerido que el uso agrícola de paratión en algodón ha facilitado el desarrollo de una resistencia cruzada de este mosquito a propoxur. Los datos epidemiológicos ciertamente espaldan este concepto y hay 2 áreas costeras en El Salvador y 2 áreas similares en Guatemala donde los reportes de resistencia del vector al propoxur coinciden geográficamente con áreas donde envenenamiento de humanos con paratión es más frecuente.

Esos varios problemas claramente preocupan a la agricultura y la salud y es este interés mutuo el cual nos ha hecho proponer este enfoque "Agro-médico."

Conceptos y logros

Ciertos conceptos fundamentales son la base del enfoque agromédico a manejo de pesticidas. Algunos de ellos pueden aparecer demasiado idealistas porque ellos hacen un llamado a los seres humanos para levantarse por encima de sus intereses parroquiales y trabajar juntos hacia la meta de un bien común. Pero hay una urgencia ocasionada por las condiciones presentes que requiere tal respuesta por nuestra parte. Es nuestra convicción que para enfrentar este desafío nosotros no sacrificamos, por el contrario todos ganamos en bienestar físico y económico.

El primer concepto es el de que los problemas de bienestar físico (salud) y económico del área rural son profundamente interrelacionados en lo que refiere al hombre. Sin alimento y dinero el ambiente más hermoso aparece como desolación. De la misma manera, las riquezas no pueden compensar por la pérdida de salud. De esta manera el concepto de Agromedicina comprende un enfoque total al bienestar de la comunidad envolviendo la producción de alimentos y la protección de la salud del hombre y su ambiente. Obviamente, nosotros estamos considerando aquí las áreas rurales.

La premisa de que el logro de las metas implicadas llama por un enfoque interdisciplinario integrado es derivada de este concepto. Al principio ciertas disciplinas primarias deben llevar la iniciativa. El grupo más pequeño es el formado por los expertos agrícolas (biólogos), personal en salud y químicos. Esto forma nuestro equipo Agromédico básico. Como se ve, en muchos países el contacto primario y algunas veces el más efectivo con la gente rural es el trabajador en agricultura - ya sea el extensionista del gobierno o el representante de la industria. En el enfoque agromédico, nosotros creemos que este individuo debe mirarse y considerarse como responsable de cuidado primario de la comunidad en las áreas de producción de alimentos y prácticas de salud preventivas. El no reemplaza al médico ni al experto agrícola sino que sirve como su presentador en el manejo de los problemas.

Es fácil ver esta responsabilidad en el trabajador gubernamental, ¿pero qué tal acerca del representante industrial? Aquí nosotros creemos que los intereses del gobierno (sociedad) e industria convergen. Consideremos los beneficios (gananzas) que pueden y podrían venir a la industria de una comunidad saludablemente productiva y económicamente sólida en la cual hay un reservorio de buena voluntad hacia la industria (compañía) que la ayuda.

Nuestro "trabajador en la comunidad" debe estar entrenado en manejo de pesticidas, agricultura y la práctica de medidas higiénicas y es aquí donde el concepto de equipo "Agromédico" empieza a jugar un papel. Estos equipos suministran el entrenamiento necesario a corto plazo en los campos y prácticas relevantes y los servicios de soporte necesarios, tales como química analítica, investigaciones de campo y distribución de cuidado de la salud.

El elemento siguiente es el de los equipos agromédicos empezando con el distrito o región y continuando a nivel nacional. A cada nivel la amplitud de la pericia y capacidades para suministrar servicios y hacer investigación aumenta. Unidos a los diferentes niveles están las diferentes agencias del gobierno para hacer investigación, regulación, universidades y extensión, y como socios completos el complejo de industrias relacionadas como un consejo coordinador. Esto puede lograrse con la formación de un supra-equipo de representantes de cada grupo con recursos de pericia para suministrar sugerencias en regulaciones necesarias, investigación, entrenamiento y asistencia técnica. Pero también, este grupo puede invocar cooperación y asistencia a nivel internacional.

Muy bien, ustedes dirán, ¿pero ha sido eso probado y sí funciona? Esta es una pregunta válida y tal vez la mejor respuesta se va a ver en los diferentes seminarios/mesas redondas. En ellos nosotros hemos visto, a menudo por primera vez, agricultura, salud, alimentos y drogas, control de contaminación y otras agencias reunidas para discutir y actuar juntas en esos problemas. Yo estoy seguro que más acción y interacción ha continuado.

Nosotros hemos visto el enfoque agromédico siendo aplicado en El Salvador y más recientemente en Indonesia y las Filipinas. Esta acción ha ocasionado una más amplia aplicación y diseminación de conocimientos técnicos, mejoramiento de servicios de laboratorio y reducción en envenenamiento de humanos y residuos en cultivos y el ambiente.

El programa está desarrollando resultados a través de investigaciones tales como formulaciones mejoradas, más efectivas y seguras, vestimenta protectora adaptados al clima y economía de los trópicos, que son aún más dramáticos. Está resultando en mejor vigilancia humana y del ambiente, productividad aumentada y, creemos nosotros, en ganancias para la agricultura y la industria. Por encima de todo está mejorando la comunicación y enseñándonos a nosotros como trabajar en una manera coordinada e interdisciplinaria en los complejos problemas que nos acosa. Sí, los conceptos pueden ser idealistas pero en nuestra opinión los resultados hasta la fecha han sido pragmáticos y gananciosos.

Sugerencias para el uso de manejo de Pesticidas

Mis colegas de este equipo agromédico han descrito una filosofía o enfoque de amplio rango y multifacética al gran problema de manejo de pesticidas. En efecto, el problema actual o total es más grande que manejo de pesticidas, porque manejo de pesticidas es de significancia solamente en términos de manejo de plagas (por ejemplo, control de plagas en salud o agricultura). Manejo de plagas, a su turno es solamente relevante en términos de aumento en la producción de alimentos y mejoramiento de la salud del hombre. Este aspecto total es claramente un problema muy grande y complicado. Es un problema que no es susceptible a enfoques simplistas o unilaterales. Debe ser enfocado sistemáticamente de una manera total (por ejemplo, consideración del problema total, no de las partes). En términos modernos este es el llamado "enfoque systemático" ("Systems approach"), en términos de control de plagas es el "control integrado de plagas," y en términos de manejo de pesticidas es el "enfoque del equipo agromédico."

Para ser más específico, ¿qué significa esto en términos de el seminario/mesa redonda en manejo de pesticidas? En primer lugar, los grupos en la mesa redonda tienen la misión de definir los planes futuros de actividades en manejo de pesticidas. Este plan propuesto debe proveer tanto aspectos a largo plazo como a corto plazo de manejo de pesticidas. En respecto a esto, yo sugeriría que se dé consideración a un "Consejo Coordinador entre Agencias" para mantener el contacto necesario entre los grupos involucrados, intercambio de información y compartimiento de responsabilidades. Hay muchas razones por las cuales tal Consejo Coordinador entre Agencias se necesita. Este puede que no sea el título apropiado para un cuerpo coordinador de agencias, esto debe ser considerado por la mesa redonda, lo mismo que la composición del grupo y su funcionamiento. El gran tamaño y complejidad del problema total asociado con manejo de pesticidas será más grande que podría enfrentar los recursos disponibles de este país o casi cualquier país. Esto significa que los recursos no deben ser desperdiciados a través de esfuerzos duplicados o no bien dirigidos. Los recursos disponibles deben ser dirigidos a través de esfuerzos coordinados a atacar, al menos al principio, sólo las áreas de mayor prioridad. Un Consejo Coordinador de Agencias se sugiere como un medio efectivo y eficiente de obtener el importante objetivo de establecer prioridades y responsabilidades para ellos. Por otra parte

yo quiero indicar que el problema es tan grande que nadie debe sentirse a un lado o menospreciado por este propósito. Hay bastante oportunidad para todos de trabajar a plena capacidad.

Actividades futuras en el área de manejo de pesticidas deben ser muchas y variadas (pero esperando que sean bien coordinados por el Consejo Coordinador de Agencias). Una gran área comprenderá vigilancia, regulación, legislación y enforzamiento. Muchos de estos tópicos, por lo menos en sus aspectos a corto plazo, serán revisados por la mesa redonda. Yo solamente deseo hacer énfasis de nuevo en la importancia de coordinar las actividades de las diferentes agencias en esta "Área administrativa" y la importancia de esperar la evolución gradual y el mejoramiento de la vigilancia, seguridad y enforzamiento. Un artículo de legislación o una agencia regulatoria no es un fin en si mismo. Solamente tiene significado si su aplicación resulta en mejoramiento del ambiente total del hombre o un avance en el bien común de la sociedad. Progreso en esta dirección requerirá continua evaluación del estado del manejo de pesticidas.

El mejoramiento de manejo de pesticidas requerirá también sucesos en investigación y entrenamiento. Un número de áreas donde se necesita investigación ha sido mencionado en las primeras presentaciones del seminario/mesa redonda, por ejemplo, formulaciones de pesticidas adaptados para las plagas y las condiciones ambientales de cada país, vestimenta protectora adaptado a los trópicos para los trabajadores expuestos a los pesticidas. También de gran importancia dentro del esquema de manejo total de pesticidas es la gran área de investigación de control integrado de plagas y que envuelve: establecimiento de niveles de daño económicos, evaluación y utilización de enemigos naturales e incorporación de controles culturales y variedades resistentes.

La necesidad de educar y entrenar ha sido discutida muchas veces durante el curso de los varios seminarios/mesas redondas. De nuevo, esas actividades deben ser coordinadas entre las agencias y las prioridades deben ser establecidas. De gran importancia es la educación del público en general - tanto urbano como rural - en las ventajas y riesgos del uso de pesticidas. Hay también la necesidad de un conocimiento público de los objetivos y métodos del programa que el país tiene en manejo de pesticidas. De nuevo yo lo dejo a las agencias locales a diseñar los detalles de este programa de educación pública. El nivel de pericia técnica a todos los niveles debe también continuamente mejorarse. Estudio en el exterior es sólo uno de los medios disponible para obtener este entrenamiento. Entrenamiento en el trabajo y sesiones de discusión periódicas y regulares deberán establecerse para la gente en las varias agencias trabajando con aspectos técnicos similares, por ejemplo, cromatografía de gases, diagnóstico de envenenamiento con pesticidas. Finalmente, yo sugeriría que tal vez sería más ventajoso para los miembros del seminario/mesa redonda volver a discutir juntos los avances en manejo de pesticidas con estas guías en 12 a 18 meses.

Adicionalmente, hay una gran ventaja en tener una coordinación de actividades e intercambio de información a una escala global y regional

en lo referente a manejo de pesticidas. La OMS y FAO están iniciando alguna actividad a lo largo de esas líneas pero se necesita fuerte apoyo para ambos programas por parte de este país (región).

Un cierto número de laboratorios para determinar residuos han sido establecidos recientemente alrededor del mundo. Aunque estos laboratorios pueden diferir en lo referente a objetivos y responsabilidades, en efecto ellos usan el mismo equipo para hacer análisis similares. Este gran número de laboratorios es en si mismo un problema y algún procedimiento tiene que establecerse para tener un buen control de calidad entre ellos. Esto es esencial para poder comparar los datos de los distintos laboratorios. De nuevo, sugerencias acerca de los detalles del procedimiento deben de venir de las mesas redondas.

Finalmente, quisiera decir algo sobre el interés común y responsabilidades de salud y agricultura en el área de manejo de pesticidas. En esta importante área, agricultura y salud deben trabajar juntas porque ninguna de las dos puede manejar adecuadamente el problema sólo. Agencias de salud se preocupan principalmente con la salud y bienestar del hombre, pero también reconocen sus necesidades de pesticidas para controlar plagas de importancia médica y vectores de enfermedad. Agencias de agricultura usan pesticidas para aumentar los suministros de alimentos pero también reconocen la importancia que tiene el estado de la salud del hombre en el mantenimiento de una fuerza de trabajo efectiva. El hombre no vive de alimentos solamente. Suministro de arroz no es suficiente. El bienestar de la comunidad rural es inseparable de su estado de salud y económico. Las misiones de salud y agricultura coinciden en el "bienestar" (en todo el sentido de la palabra) de la comunidad rural. Agricultura, salud y los otros importantes miembros del equipo deben trabajar juntos para obtener ese "bienestar."

El UC/USAID Proyecto en manejo de plagas está listo para ayudarlos en el mejoramiento en manejo de pesticidas en cualquiera manera que podamos - no solamente en esta conferencia sino también en el futuro - por favor haga uso de nosotros.

PROBLEMAS MUNDIALES DE LOS PESTICIDAS

por

William R. Furtick

División de Producción y Protección de Plantas, FAO
Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia

y

Ray F. Smith

Profesor de Entomología, Departamento de Ciencias Entomológicas
Universidad de California, Berkeley
y Director del UC/AID Proyecto en Manejo de Plagas

Introducción

Las tendencias y extensión del crecimiento para la producción y el uso de los pesticidas desde la Segunda Guerra Mundial están razonablemente bien documentados por los países industriales de Norte América, Europa Occidental y Japón. La cantidad total de pesticidas vendida a los países en desarrollo como un grupo es también razonablemente confiable, pero las cifras por país individual y aún más, la información sobre los usos hechos de esos pesticidas importados no son fácilmente disponibles ni confiables.

Casi toda la producción de pesticidas es limitada, al menos en gran parte, a los países industrializados en Europa, Norte América y Japón. Aunque muchos de los compuestos originales de los pesticidas son formulados en su forma comercial final en los países en desarrollo, y en casos menos frecuentes, algunos pasos en la síntesis del compuesto original pueden ser llevados a cabo en el país en desarrollo, sin embargo, es muy poca la producción que incluye todos los pasos de síntesis y formulación final.

Aunque la velocidad de crecimiento en el uso de pesticidas en los países en desarrollo ha tendido a ser más alta en años recientes que en los países desarrollados, la pequeña base desde la cual ese crecimiento se originó, hace que todavía resulte que la totalidad de tonelaje usado por todos los países en desarrollo, sea pequeña en comparación con los países de agricultura moderna altamente desarrollada. En 1970, los Estados Unidos consumieron el 45% de toda la producción de pesticidas, Europa Occidental el 23%, Europa Oriental 13%, Japón el 8% y los países en desarrollo el 7%, con el remanente en Australia y otros países desarrollados.

El índice relativo de crecimiento entre los insecticidas y otros pesticidas ha sido muy inferior en el mundo desarrollado comparado con el mundo en desarrollo. En el mundo desarrollado, insecticidas han declinado en posición relativa entre los pesticidas, de ser la clase dominante de pesticida antes de 1960, a representar sólo más o menos un tercio del total de pesticidas en uso actual. Esto es a pesar del gran incremento en el tonelaje total de insecticidas usados. Primeramente es el resultado del rápido crecimiento en el uso de herbicidas que ahora representan la principal porción de pesticidas usados sobre una base global y aún está incrementándose su uso a una velocidad más rápida que otras clases de pesticidas. Hay fuertes indicaciones de que esta tendencia pueda acelerarse puesto que los agricultores están sustituyendo cada vez más la cultivación por los herbicidas a causa del alto costo de los combustibles y del equipo, y la escasez de repuestos. En el mundo en desarrollo, los insecticidas permanecen siendo la clase dominante de los pesticidas usados y su uso está creciendo a una velocidad que parece mantener su posición dominante por algún buen tiempo venidero.

El patrón de uso por cultivo de los insecticidas es bastante bien conocido en los Estados Unidos y en algunos de los otros países desarrollados pero no está bien documentado por los países en desarrollo. En los Estados Unidos aproximadamente la mitad del uso de todos los insecticidas en la agricultura es en el algodón. El maíz representa cerca del 10% de todo el uso; y de los frutales, la manzana es uno de los principales consumidores. En los países en desarrollo, es difícil evaluar el uso final de los pesticidas importados porque se usan extensivamente en programas de salud pública en adición a los usos agrícolas; cifras confiables sobre los usos relativos por sector y cultivo específico no son accesibles. Sin embargo, está claro que en el pasado, casi todo el uso agrícola de los pesticidas en los países en desarrollo ha sido sobre cultivos para exportación, con el algodón representando cuando menos la mitad de todo el uso. Plantaciones tales como la caña de azúcar y árboles comerciales han sido los principales consumidores de pesticidas, con las legumbres, arroz y maíz, cuando son cultivados como cultivos de exportación, de menor pero creciente importancia. En algunos países en desarrollo, el uso de pesticidas para proteger productos almacenados es también de importancia.

Tendencias Internacionales Actuales que Afectan el Desarrollo Agrícola

La desaparición de reservas de abastecimiento de alimentos básicos ha llevado a un rápido aumento en los precios de las mercancías de alimento básico. Algunos de esos cultivos que reciben altos precios han sido marginales a menudo en el uso de pesticidas en el pasado, pero ahora con su incremento en valor, hay una razón favorable costo:beneficio. Algunas plantaciones han sido también afectadas similarmente. Estos precios más favorables para el agricultor deben estimular tanto la producción como la demanda de suministros tales como fertilizantes y pesticidas. El impacto puede verse ya en la escasez y aumento rápido de los precios de esos productos. Esto, a su vez, bien podría llevar a un mayor énfasis por los países en desarrollo para incrementar la manufactura local de pesticidas, al menos en la extensión posible.

La inflación general ha llegado a ser un problema mundial. Esto está afectando seriamente la posición de la balanza de pagos tanto de los países industrializados como la de países en desarrollo los cuales no son mayores exportadores de materias primas. Se espera que los problemas de la balanza de pagos aumenten el deseo de las naciones exportadoras de productos agrícolas, de incrementar su producción como un medio de aligerar los problemas de pagos, y a los países que son importadores netos de productos agrícolas a ampliar su producción local para reducir sus requerimientos de importación. Puesto que ambas de estas tendencias actuales podrían incrementar sustancialmente la demanda de pesticidas, ellas podrían tener un mayor impacto sobre la industria de los pesticidas. Esto es particularmente cierto porque los pesticidas usualmente producen una alta tasa de ganancia sobre dinero invertido por el agricultor. La tasa de ganancia puede ser mucho mayor en los países en desarrollo, donde la baja base de productividad permite un mayor potencial costo:beneficio.

El rápido ascenso en el precio de los productos del petróleo ha afectado fuertemente la industria de los pesticidas. La mayoría de la manufactura de pesticidas envuelve productos petroquímicos ya sea como ingredientes básicos de síntesis en la manufactura o como solventes o emulsificantes en formulación. Además, el incremento en los precios de plásticos, metales y productos de papel usados para el empaque también están afectando el precio de los pesticidas. Hay también escasez periódica de varios pesticidas que ha añadido a los problemas de los usuarios en los países en desarrollo.

Tendencias Actuales en Control de Plagas y Uso de Pesticidas y sus Implicaciones

La creciente preocupación por una mayor protección del ambiente, especialmente en los países desarrollados, ha tenido principal impacto sobre los programas de control de plagas. Esto es más fuertemente manifestado en los esfuerzos que se han hecho para restringir o eliminar el uso de los pesticidas que persisten en el ambiente sobre períodos largos. Esto tiene un mayor impacto sobre el uso de insecticidas hidrocarburos clorinados.

El esfuerzo para restringir los hidrocarburos clorinados en los países desarrollados ha sido seguido rápidamente por la mayoría de los países en desarrollo. Ha tenido un impacto principal sobre la disponibilidad y el tipo de compuestos usados. Esto afecta el costo de la protección de plantas y otros controles de plagas porque la mayoría de las alternativas vienen a ser mucho más caras.

Algunas de las consecuencias adversas del uso a gran escala de los pesticidas han causado que algunos aboguen por la eliminación de la mayoría o aún de todos los pesticidas. Es absurdo porque los expertos en protección de plantas han sido unánimes en reconocer que los pesticidas son esenciales para la agricultura y la salud pública en el presente y en el futuro. Sin embargo, ciertas consecuencias adversas de los pesticidas, por ejemplo, el desarrollo de resistencia a los pesticidas, persistencia de residuos en

los alimentos, destrucción de organismos benéficos y la intoxicación humana, han llevado al reestudio de los patrones de uso de los pesticidas. Esta tendencia ha producido un interés en expandir el enfoque de control integrado a la protección de cultivos. En este enfoque, se pone confianza especial en la mortalidad natural con manipulación suplementada de parásitos, predadores y patógenos, en variedades de cultivos resistentes, en pesticidas y en prácticas culturales para mantener las plagas por debajo de los niveles que causan daño económico. Los pesticidas se usan en modos compatibles y son mantenidos al mínimo necesario para suplementar otros controles.

El interés expandido en el control integrado de plagas también ha creado la demanda por pesticidas más estrictamente específicos que tengan el mayor impacto posible sobre los organismos plaga blancos mientras que al mismo tiempo causen un mínimo efecto sobre otras especies en el ambiente. Esto ha llevado no sólo a un interés mayor en el desarrollo de pesticidas sumamente específicos sino también en el aislamiento de compuestos naturales que pueden ser usados para manipular las poblaciones de plagas. Estos incluyen aquellos químicos tales como hormonas o imitación de hormonas que pueden alterar los patrones de desarrollo normal y feromonas que pueden ser usadas como atrayentes o cuyo uso puede confundir el comportamiento normal. Esta misma tendencia ha causado un interés creciente en el cultivo artificial de parásitos, predadores y patógenos y en la manipulación genética de las poblaciones de plagas.

Aunque esas nuevas tendencias resultarán en el desarrollo de nuevos compuestos, el uso continuado de los viejos compuestos pesticidas será necesario. Además, esas tendencias están llenas de muchos problemas cuando es cuestión de mantener una capacidad adecuada de control de plagas para la protección económica de cultivo y producción en el futuro.

Problemas en el Desarrollo de Nuevos Insecticidas, Particularmente Compuestos de Especialidad y Químicos Novedosos Útiles en el Control de Plagas.

Uno de los factores más grandes que crea dificultad en el desarrollo de cualquier nuevo pesticida, es el rápido crecimiento en el costo de la investigación y el desarrollo requerido para llevar un nuevo producto al punto de suministro al mercado. Este costo ha alcanzado el nivel de más de diez millones de dólares para poner un nuevo producto en el mercado y requiere un promedio de diez años para satisfacer todos los requisitos reguladores y de funcionamiento. Mucho de ese gran costo resulta de los requisitos reguladores muy aumentados que han surgido del elevado deseo de salvaguardar al hombre y al ambiente. Estos requisitos con frecuencia son sólo por el interés público y están más allá de los requisitos necesitados para asegurar un mercado agrícola adecuado a niveles de seguridad confiables.

Está claro que nos enfrentaremos con aumentos en el precio de los pesticidas y a escaseces periódicas durante algunos años venideros. ¿Qué podemos hacer? Debemos conservar nuestra reserva de pesticidas igual que un hombre en medio del desierto conserva su única cantimplora de agua. No deben desperdiciarse los pesticidas. El tratamiento preventivo aplicado porque las plagas "podrían" estar presentes o "podrían" hacer daño es pesticida desperdiciado y el costo ha llegado a ser demasiado alto. Para conservar pesticidas y dinero, deben ser aplicados en la dosis correcta, de la manera más efectiva posible y sólo cuando sea necesario. Donde sea posible, el enfoque de control integrado debe utilizarse porque hace un máximo uso de la mortalidad natural y de ese modo extiende la efectividad de los pesticidas disponibles.

EL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS
Y SU IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA

Ray F. Smith

Profesor de Entomología
Departamento de Ciencias Entomológicas
Universidad de California, Berkeley

y
Director del UC/AID Proyecto en Manejo de Plagas

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

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

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

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

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

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

Sistemas Agroecológicos: El término sistema agroecológico proviene del término ecológico bien conocido "ecosistema" y subraya las características especiales de los ecosistemas agrícolas. El sistema agroecológico es una unidad compuesta del total complejo de organismos en un área de cultivo junto con el ambiente total condicionante y es modificado aún más por las varias actividades agrícolas, industriales, recreativas y sociales del hombre. Nótese que el concepto de "plaga" no es una parte esencial de la definición del sistema agroecológico.

En el análisis práctico del sistema ecológico para el manejo de plagas, nos debemos concentrar sobre los números de las especies de plagas, sus competidores, los organismos devoradores de la plaga, los suministros del alimento principal y alimentos alternativos de la plaga y la manera en que los otros elementos del ambiente los modifican. La determinación del número de insectos es ampliamente bajo la influencia por el sistema agroecológico y un conocimiento de cómo opera esta influencia es esencial para el manejo integrado de población de plagas. Un entendimiento profundo del sistema agroecológico también es necesario para armonizar las prácticas de control de diversas plagas de tal manera que prevenga efectos desorganizadores inaceptables. Del mismo modo, un conocimiento del sistema agroecológico permite un juicio sobre los factores de mortalidad operantes sobre una plaga o sobre la población de una plaga potencial y sugerirá la manipulación subsecuente para reforzar y mejorar su acción.

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

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

El concepto del sistema agroecológico se aplica a la agricultura de subsistencia también como a la más sofisticada de las agriculturas científicas. El punto es que ambas son situaciones ecológicas y para controlar o manejar cualquier situación ecológica, se deben usar principios ecológicos. En nuestro concepto del sistema agroecológico para el control integrado, es frecuentemente importante que consideremos las especies de plagas y sus enemigos naturales en la manera en que ocurren fuera del área específica del cultivo, por ejemplo, sobre hospederos alternos y en áreas incultivadas.

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

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

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

La pérdida del cultivo es una reducción en la calidad o en la cantidad del producto recolectado. La pérdida en calidad puede ser en su aspecto, valor nutritivo u otros valores que influyan en el último uso del cultivo. Cualquier pérdida particular del cultivo, puede o no, ser una pérdida económica. Desde la amplia vista de la sociedad humana, todas las pérdidas del cultivo deben ser consideradas pérdidas. Sin embargo, el agricultor, el productor del cultivo, considera sólo una parte de la reducción en el rendimiento o en la calidad, como una pérdida económica. Su determinación hecha consciente o intuitivamente, sobre buenos o malos consejos, o como quiera que sea, será influenciada por tales elementos como la tecnología disponible para la protección de cultivos, costo para evitar la pérdida potencial, condiciones de mercadeo y el uso final del cultivo.

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

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

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

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

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

¿Cuál es la importancia especial de los niveles de daño económico para el control integrado? La respuesta descansa en el hecho de que en la mayoría de las situaciones para la protección de cultivos, podemos tolerar niveles significativos de población de especies de plagas sin daño económico. En algunos casos, estos niveles pueden ser bastante altos, al menos, por ciertos períodos durante el ciclo de desarrollo del cultivo. El significativo para el control integrado es obvio.

Los niveles sub-económicos de las especies de plaga deben mantenerse para el sustento de las formas entomófagas. Estas densidades bajas de plaga, sirven como abastecimiento de alimento para reserva de formas benéficas que frecuentemente serán necesitadas más adelante en el crecimiento del cultivo.

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

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

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

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

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

4) Pesticidas.

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

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

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

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

El empleo de los enemigos naturales ha sido en dos formas principales: 1) la introducción de nuevos enemigos naturales, usualmente de la región nativa de la plaga; y 2) la manipulación del ambiente de la planta hospedera y/o los enemigos naturales, de manera que los enemigos naturales residentes se vuelven más efectivos. Aunque sólo esté mínimamente investigado y financiado, la introducción de nuevos enemigos naturales, ha sido mucho más exitoso que el enfoque manipulativo. La introducción presenta aún muchas posibilidades no experimentadas. La introducción de razas genéticas cuidadosamente seleccionadas es particularmente prometedora. El enfoque manipulativo (incluyendo el uso de microorganismos patógenos y la liberación estratégica del enemigo natural, o de la plaga en sí) no ha sido extensamente investigado ni tratado con una adecuada sofisticación ecológica.

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

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

Medidas de control físico y cultural: El uso de prácticas culturales en el manejo de población de plagas de insectos ha proveído a través de los años contribuciones significantes para la protección de los cultivos, y en alguna instancia, ha proveído un control bueno a excelente. Estas medidas han involucrado la sincronización de siembra y cosecha para minimizar la infestación o para escapar a los períodos de gran peligro, rotación de cultivos (incluyendo variedades), abonando, controlando el agua, destrucción de los residuos del cultivo (por ejemplo, quema), cultivos trampa, cultivación y barreras. El uso de tales métodos en general interfiere con el desarrollo de las plagas, por ejemplo, comúnmente por exposición a los rigores del ambiente y fomentando la resistencia de la planta o la acción de los enemigos naturales. Muy frecuentemente la práctica del control cultural puede ser mejorada por el aumento del conocimiento de la fenología de la plaga, rango del hospedero, al comportamiento de la plaga, etc.

El control cultural puede también involucrar técnicas más sofisticadas tales como el uso selectivo de químicos aplicados antes de la cosecha, modificaciones de variedades, manipulación con feromonas de la población de plagas y la colocación selectiva de insecticidas. Esto tiende a mezclar los controles culturales tradicionales con los nuevos. Las

prácticas culturales son usadas muy frecuentemente para lograr la parcial supresión del número de plagas en conjunción con otras medidas de control, el control químico especialmente. Para ser más efectivas las prácticas culturales a menudo tienen que ser hechas sobre un área o comunidad total. En esta forma pueden ser usadas para lograr la supresión de la población de una plaga sobre un área geográfica relativamente vasta.

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

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

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

Los pesticidas selectivos y el uso selectivo de los convencionales:
Mientras los prospectos para obtener productos registrados de alta selectividad fisiológica parecen ser no prometedores en la actualidad, hay medios prometedores para obtener la selectividad ecológica usando materiales convencionales. Puesto que los insecticidas permanecen como nuestra herramienta más confiable y práctica para la solución inmediata de muchos problemas de plaga, no nos conviene descuidar la búsqueda de materiales selectivos propios y medios para usar selectivamente los convencionales.

Afortunadamente, el desarrollo de sistemas efectivos y económicos de manejo de plagas para el control de muchas especies de plagas mayores no depende de la selectividad fisiológica proporcionada por la disponibilidad de un gran número de químicos pesticidas de selección reducida.

Los pesticidas que tienen el espectro más amplio de actividad pueden ser usados de una manera ecológicamente selectiva. En cuanto concierne al manejo de plagas, parece que el uso selectivo de insecticidas (selectividad ecológica) continuará siendo mucho más importante que el uso de insecticidas selectivos (selectividad fisiológica). La acción selectiva de químicos no selectivos puede obtenerse manipulando dosis, formulaciones, sincronización de aplicaciones, el método de aplicación y la localización del área que será tratada.

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

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

Las feromonas que inducen una reacción que atrae, han sido identificadas por muchas especies importantes de plaga. Los adelantos hacia un control activo de plagas, continúan lentos debido al limitado entendimiento del comportamiento de los insectos relacionado a esos químicos, a los problemas asociados con el aislamiento e identificación de compuestos vestigios en mixturas complejas, o a causa del sinergismo y efectos enmascaradores y las dificultades de la síntesis. Hay también problemas serios en el desarrollo de técnicas de control que puedan utilizar estos compuestos. Hay actualmente evidencia considerable de que ninguna de estas nuevas tecnologías serán panaceas, y los problemas de resistencia, residuos y efectos secundarios ecológicos indeseables se asociarán también con muchas de sus aplicaciones. Para el futuro previsible, estas nuevas tecnologías deben ser vistas como armas potenciales que serán añadidas gradualmente al arsenal de los científicos expertos en protección de cultivos. Además, la acumulación sistemática de información cuantitativa sobre ecología de plagas y su

comportamiento es esencial si muchas de las técnicas nuevas, tanto como las antiguas, de control no pesticida van a encontrar su propio lugar dentro de los sistemas de protección de cultivos.

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

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

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

Los sistemas de control integrado no surgirán automáticamente de la investigación enfatizando las nuevas técnicas de control de plagas, ni surgirán solos de investigaciones básicas a largo plazo. Los programas de control integrado prácticos hoy accesibles, han surgido sólo de investigación pragmática dirigida a encontrar soluciones a los verdaderos problemas de la protección de cultivos tal como existen en los campos de los agricultores. En casi todos los casos los programas

de control integrado han surgido como resultado de una gradual evolución en la que la nueva tecnología se ha introducido por un proceso paulatino más bien que a través de la introducción de un sistema completamente formado.

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

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

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

Muchos administradores, investigadores, maestros, y extensionistas activos en la protección de cultivos recibieron su entrenamiento formal durante los años cincuenta y al principio de los sesenta, cuando una sobredependencia fue puesta sobre los químicos pesticidas para la protección de cultivos. Ahora mucho de ese personal está haciéndose cada vez más conciente de la importancia de un amplio enfoque ecológico a la protección de los cultivos y del significado de un ataque intenso sobre los problemas prácticos amenazando la producción de alimentos. Su entrenamiento anterior es inadecuado para lograr esas nuevas metas, y mucho entrenamiento adicional será necesitado. Hay una gran variedad de tácticas accesibles para lograr esos objetivos de entrenamiento, incluyendo cursos cortos, mesas redondas, conferencias, consejeros a corto plazo y más importante, una participación activa en los proyectos colaborativos de investigación.

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

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

LA IMPLICACIÓN DE INSECTICIDAS AGRÍCOLAS
EN EL DESARROLLO DE RESISTENCIA POR MOSQUITOS

George P. Georghiou
Profesor de Entomología, Departamento de Entomología
División de Toxicología y Fisiología
Universidad de California, Riverside

Resumen

Resistencia de mosquitos a insecticidas atribuible a presión selectiva indirecta por insecticidas agrícolas emerge como un obstáculo serio al control exitoso de vectores con aspersión residual de casas. La evidencia de la implicación de insecticidas agrícolas consiste de 1) correlaciones entre la intensidad de uso de insecticidas en cultivos y el grado de resistencia en mosquitos, 2) fluctuaciones estacionales de la resistencia de mosquitos en paralelo con períodos de aspersión en agricultura, 3) correspondencia entre el espectro de resistencia de mosquitos y los tipos de insecticida aplicados a los cultivos, y 4) supresión de la población de mosquitos en las áreas asperjadas. Medidas propuestas para aliviar este problema son: 1) colaboración entre las apropiadas agencias internacionales y gobiernos con el propósito de identificar y reservar ciertos insecticidas para uso exclusivamente en salud pública, 2) introducción de prácticas comprensivas de manejo de plagas en agricultura, y 3) mayor énfasis en medidas suplementales de control de mosquitos.

Introducción

Los insectos afectan no sólo la salud del hombre sino también sus muchos cultivos, animales y productos almacenados. Se ha estimado por la FAO que pérdidas de cultivos debido a plagas de insectos mundial son cerca del 12% de la producción potencial.¹ Ya que insecticidas constituyen los medios más prácticos de reducir esas pérdidas, ellos se usan extensivamente alrededor del mundo. En 1972 la producción global de insecticidas se estimó en aproximadamente un millón de toneladas.² A pesar de presente escasez hay poca duda de que la demanda global por pesticidas se va a aumentar, a medida que los países en desarrollo tratan de aprovechar los beneficios de nuevas variedades con alto rendimiento, con fin de alimentar sus crecientes poblaciones. En la

ausencia de fuertes limitaciones económicas o políticas aumento del uso mundial de pesticidas en 5 veces se espera para el año 2000.¹

Extraño como parece, esfuerzos intensivos para controlar pestes de cultivos con insecticidas han en muchos casos disminuido la habilidad del hombre para controlar mosquitos vectores de enfermedades de humanos en el mismo ambiente. La inmediata disponibilidad de pesticidas, a menudo no acompañadas por controles adecuados, ha conducido a excesos en la frecuencia de su uso y en las cantidades aplicadas. Esos abusos no solamente han complicado control de plagas agrícolas con la selección de líneas resistentes de plagas y supresión de controles biológicos, sino que también han alterado, en algunos casos profundamente, los niveles de susceptibilidad de insectos vectores de enfermedades de humanos.

A menudo, insectos de importancia médica, especialmente mosquitos, se encuentran criándose en medios agrícolas, y por eso son expuestos a los insecticidas usados en agricultura. Esta exposición puede tener una fuerte acción supresiva en la densidad de mosquitos por algún tiempo especialmente cuando los tratamientos afectan la población de adultos voladores.³ Sin embargo, la contaminación de hábitat de las larvas también resulta en supresión de enemigos naturales de mosquitos, y más importante, en el desarrollo acelerado de resistencia de mosquitos a insecticidas.

Durante los últimos años, reportes de varias partes del mundo indican que control de mosquitos se ha hecho más difícil en áreas de agricultura intensiva debido a la reducida susceptibilidad de los mosquitos.⁴ También se ha observado que resistencia de mosquitos a un nivel suficiente alto para impedir su control ha sido más severo en áreas donde los cultivos son frecuentemente tratados con insecticidas. Una creciente información indica a una relación directa causa-efecto entre el uso de insecticidas en la agricultura y problemas serios de control de mosquitos. Este reporte discute alguna de la evidencia disponible y propone medidas para hacer frente o solucionar este problema.

Casos Reportados

Una lista de casos de resistencia en mosquitos que se alega fue causada o agravada por insecticidas agrícolas se da en la Tabla 1. El gran número de especies de Anopheles envuelto es indudablemente debido al hecho que la susceptibilidad de Anofelinos ha sido seguido más cuidadosamente en conexión con la erradicación de malaria. Se sospecha que muchos otros casos existen, especialmente en Culex fatigans, los cuales permanecen sin examinar. Es de interés notar que la mayoría de los casos registrados envuelven Dieldrín y DDT, indudablemente porque resistencia a Dieldrín se conoce desarrollar rápidamente y es

fácilmente detectable en heterocigota, y porque DDT ha disfrutado un uso más amplio y largo que otras clases de insecticidas. Sin embargo, selección por organofosfatos y carbamatos es también posible como se muestra por la extrema resistencia a estos compuestos en Anopheles albimanus en las zonas algodoneras de la costa pacífica de América Central, y por la resistencia a fosfatos orgánicos de Aedes nigromaculis y C. fatigans en las áreas de agricultura intensiva en California.

Ningún intento será hecho para recontar los detalles específicos de cada caso reportado ya que se encuentran en la literatura disponible. La referencia a casos individuales será hecha sólo como una evidencia suportiva para el criterio de implicación que se discute abajo.

Evidencia de Implicación

Muchos de los reportes disponibles se limitan solamente a señalar que el problema existe en un área agrícola que es tratada intensivamente con insecticidas, o que poblaciones de mosquitos son más resistentes en áreas agrícolas que en no agrícolas aunque ambas han recibido un número igual de tratamientos por autoridades de salud pública. Mientras que mucha de esta información puede ser suficiente para convencer, evidencia definitiva viene primordialmente de los estudios más comprensivos con An. albimanus en América Central y C. fatigans en California.

La evidencia disponible se discute bajo las categorías siguientes:

- 1) Aparición de resistencia en mosquitos antes del uso de insecticidas específicamente para el control de mosquitos.
- 2) Presencia de más alta resistencia en mosquitos en áreas agrícolas que no agrícolas.
- 3) Correlaciones entre el grado de resistencia en mosquitos y la extensión de las operaciones agrícolas de control de plagas.
- 4) Correlaciones entre los niveles estacionales de resistencia en mosquitos y la aplicación estacional de insecticidas a cultivos.
- 5) Correspondencia entre el espectro de resistencia en mosquitos y tipos de insecticidas aplicados a cultivos.
- 6) Evidencia de la supresión de poblaciones de mosquitos por aspersiones agrícolas.

1. Aparición de resistencia en mosquitos antes del uso de insecticidas específicamente para control de mosquitos - En Turquía. Ramsdale⁵ reportó que resistencia a Dieldrin estaba presente en An. sacharovi,

An. maculipennis y An. melanoon subalpinus en muchas áreas agrícolas donde ni BHC ni Dieldrín han sido usados para asperjar edificios. En el área del delta en Egipto, donde algodón fue tratado extensivamente con toxafeno y DDT, marcada resistencia a Dieldrín e incipiente resistencia a DDT se notaron en An. pharoensis en 1959 antes del comienzo de la aspersión residual de casas (A. R. Zahar y Thymakis, reporte a OMS no publicado, 1962). Entre 1959 y 1962 la resistencia a DDT se reportó haber aumentado grandemente en áreas no tratadas también como en aquellas que recibieron tratamientos caseros residuales, una situación que fue similarmente atribuida al efecto de insecticidas agrícolas (A. R. Zahar y otros, reporte a OMS no publicado, 1965). Ocurrencias similares de resistencia en áreas que recibieron sólo aspersiones agrícolas se reportaron para Dieldrín en An. maculipennis en la región Spineni de Rumania (M. Duport, reporte no publicado a OMS, 1965), An. gambiae en Bougouni, Mali⁶ y en la región baja del Volta en Ghana (W. Z. Coker, citado en 7) y en An. aconitus en el distrito Malang de Java Oriental en 1961.⁸

2. Presencia de más alta resistencia en mosquitos en áreas agrícolas que no agrícolas - Reportes frecuentemente citados son aquellos de resistencia de mosquitos o más alta resistencia de ellos en áreas agrícolas que no agrícolas aunque ambos han recibido aspersión casera residual. Así en Grecia, Belios (reportes a OMS no publicados, 1961) encontró la resistencia más alta a Dieldrín y DDT en An. sacharovi en las áreas algodoneras y arroceras de Laconia que en Etolia y Euboea, un hecho que él atribuyó a fuerte presión selectiva de insecticidas agrícolas en las larvas.

En Turkía, Ramsdale⁵ indicó en 1973 que aunque DDT había sido ampliamente usado por más de 20 años en salud pública y agricultura, la incidencia de resistencia a DDT no se relacionó a la duración de las operaciones de aspersiones caseras de DDT: más de 10 años de tratamientos caseros regulares no tuvieron efecto en la susceptibilidad de An. sacharovi o An. maculipennis en la parte sur-oriental del país. Sin embargo, resistencia marcada a DDT se había desarrollado en An. sacharovi en el distrito algodonero de Manan, Adana (M.H. Holstein, citado en 8).

En el mosquito de los pastos en California, Aedes nigromaculis, resistencia de un nivel más bajo es frecuentemente encontrado en poblaciones fuera de áreas de agricultura intensiva que no se someten a tratamiento por las autoridades de abatimiento de mosquitos.

Una diferencia considerable en susceptibilidad a organofosfatos y carbamatos ocurre en líneas de campo de An. albimanus de diferentes áreas: líneas de Haití, donde uso agrícola de estos insecticidas es mínimo, son de susceptibilidad "normal" (igualando generalmente eso de la línea de referencia Gorgas establecida por largo tiempo) mientras líneas de las regiones algodoneras de El Salvador muestran niveles notables de resistencia a insecticidas dentro de estos grupos.⁹ Tales diferencias no son aparentemente debidas a la extrema separación geográfica de las poblaciones ya que una línea de la aislada región de Texistipeque, Santa Ana, El Salvador, fue igualmente susceptible a propoxur y DDT como la línea de Haití.¹⁰

3. Correlaciones entre el grado de resistencia en mosquitos y la extensión de las operaciones agrícolas de control de plagas - El caso de involucramiento de insecticidas agrícolas en el desarrollo de resistencia por mosquitos fue intensificado por la demostración de correlaciones entre la intensidad de las operaciones de control de plagas en algodón y arroz en áreas de El Salvador y el grado de resistencia a organofosfatos y carbamatos en An. albimanus. Algodón se ha cultivado en la costa pacífica plana de América Central en grande escala por más de 15 años. Este cultivo se trata con insecticidas a intervalos frecuentes, hasta 30 aplicaciones durante los 6 meses de la época de cultivo no son insólitas. Estos tratamientos han llevado al desarrollo de resistencia en plagas de algodón, así incrementando la dependencia en químicos para control de plagas. Resistencia de mosquitos a hidrocarburos clorinados y más recientemente a organofosfatos y carbamatos ha también emergido en esas áreas.¹¹ Los niveles más altos han sido detectados en el Departamento central de La Paz de donde la resistencia se extiende a niveles decrecientes hacia el este y oeste a las fronteras Hondureña y Guatemalteca. Georghiou¹¹ concluyó que este fenómeno puede ser atribuido al más intenso cultivo de algodón y arroz en La Paz que en otra parte del país: "26% del área algodонера del país se encuentra en el Departamento de La Paz. Aquí el promedio de la parcela por agricultor es 111.40 manzanas (1 manzana = 1.73 acres) comparado a 34.71 manzanas por agricultor en el resto del país. Hay indicaciones que mientras más grande la pertenencia más alta es la probabilidad que los tratamientos de insecticidas son generalmente puestos en un programa fijo más bien que selectivamente donde y cuando son necesarios. El 87% del área de algodón en El Salvador se trata con aeroplano, una práctica que se espera resultar frecuentemente en la contaminación de los criaderos de mosquitos. En La Paz 95% del área es tratada por aire y aproximadamente un quinto de ésta con asperciones de ultra bajo volumen."¹¹

En adición a algodón el cultivo de arroz también parece ser correlacionado con resistencia en An. albimanus. En El Salvador, de acuerdo a estadísticas de 1969-1970, 53.6% del área total de arroz está en la parte central de la llanura costera, incluyendo el Departamento de La Paz, comparado a 25.5% en la parte oeste y 20.9% en la parte oriental.¹¹ Similarmente, en el Valle de Sebaco en Nicaragua donde alta resistencia a organofosfatos y carbamatos ha también aparecido en An. albimanus, arroz es el cultivo principal. Un ejemplo de la creciente dependencia en insecticidas para control de plagas en este cultivo es el record de tratamientos aplicados en una plantación de 1963-1971 (Tabla 2).

Como en el caso de resistencia a organofosfatos y carbamatos, resistencia a DDT también ocurre a niveles más altos en la región algodонера de Nicaragua como indicado en la Figura 1.

Evidencia adicional del impacto de insecticidas agrícolas se revela en un estudio del reciente desarrollo de multiresistencia a organofosfato en poblaciones de C. fatigans en California.¹² Líneas coleccionadas de aguas sucias de drenaje de lechería en dos haciendas separadas 6 millas en el intenso valle agrícola de San Joaquín, revelaron

niveles significativamente diferentes de resistencia a organofosfato (Tabla 3). Ambos criaderos habían experimentado tratamientos larvicidas similares aplicados por el distrito local de abatimiento de mosquitos, los tratamientos de 1973 y 1974 consistieron exclusivamente de chlorpirifos. Sin embargo, examen de records oficiales de aplicaciones de insecticidas agrícolas dentro de un radio de 3 millas de cada hacienda indicaron que durante 1971-74 aproximadamente el doble de carbamatos y organofosfatos habían sido aplicados a cultivos en el área más resistente (línea "Cámara") (Tabla 4).

4. Correlaciones entre los niveles estacionales de resistencia en mosquitos y la aplicación estacional de insecticidas a cultivos - Un estudio conducido en un período de 2 años en la región algodonera de El Salvador indicó que los niveles de susceptibilidad de An. albimanus muestran fluctuaciones estacionales en paralelo con aspersiones en algodón (Fig. 2).¹⁰ Muestro se hizo en junio y febrero de cada año, es decir, al principio y fin de la temporada de aplicación en algodón. Resistencia a Paratión, metil paratión, malatión, fenitrotión, carbaril, y propoxur aumentó durante el período de no aspersiones. Este modelo escalatorio condujo a niveles de resistencia remarcadamente altos en febrero 1972 cuando el estudio se terminó. Con referencia a una línea susceptible, los niveles de resistencia observados fueron: malatión 177x, paratión 158x, metil paratión 144x, fenitrotión 45x, propoxur 1000x y carbaril 443x.¹⁰

5. Correspondencia entre el espectro de resistencia en mosquitos y tipos de insecticidas aplicados a cultivos - El estudio en El Salvador ha indicado también que el espectro de multiresistencia en An. albimanus en ese país puede relacionarse a los tipos de insecticidas aplicados a algodón que sobretodo es el cultivo más tratado con insecticidas. Paratión y metil paratión han sido los principales insecticidas usados en este cultivo por más de una década. Otros insecticidas incluyendo carbaril, azinfosmetil, triclorfon, monocrotofos, y malatión han sido usados en menor grado contra pestes específicas. Ya que la distribución geográfica de An. albimanus en este país coincide en gran grado con el área agrícola, los datos acerca de importación de pesticidas en el país pueden usarse como una indicación aproximada del grado de exposición de la población de mosquitos a cada químico. Cálculos sacados de records oficiales durante el período de 10 años 1961-70 muestran que 51.22% de los insecticidas importados fueron organofosfatos, 46.37% organoclorinados, y 2.41% carbamatos. Metil paratión y paratión constituyeron la mayor parte de los organofosfatos (93.3%), mientras que carbaril fue el más común entre los carbamatos (88.1%).^{10.11} Es así obvio que metil paratión y paratión han tenido el impacto más grande en An. albimanus como se refleja por los altos niveles de resistencia a esos compuestos. La elevada resistencia a malatión puede haber resultado del relativo bajo número de tratamientos, con selección adicional de genotipos malatión-R por los otros organofosfatos. Resistencia a carbamatos puede ser la consecuencia de aplicaciones de carbaril y a menor grado de propoxur, tal resistencia siendo soportada e impulsada por presión selectiva por organofosfatos.

6. Evidencia de la supresión de poblaciones de mosquitos por aspersiones agrícolas - Que aplicaciones agrícolas de insecticidas claramente reducen poblaciones de mosquitos se demostró también en El Salvador.³ Datos obtenidos en 1972 (Fig. 3) indicaron que una aguda reducción de adultos de An. albimanus ocurre al principio de la época de aspersiones aéreas de insecticidas en algodón en julio y persiste hasta el fin del período de aspersiones en diciembre. En contraste, densidad de adultos se encontró permanecer alta en un área no algodонера separada 16 kilómetros.³ Así estos datos suministran una evidencia directa de la presión selectiva por aspersiones agrícolas contra mosquitos.

Discusión y Recomendaciones

La evidencia disponible deja poca duda que insecticidas agrícolas, especialmente cuando son aplicados con aeroplano, son capaces de ejercer fuerte presión selectiva contra poblaciones de mosquitos. Tal presión puede ser el resultado de la reducción de la población de mosquitos voladores, reducción de larvas por la contaminación de criaderos o ambos. Las consecuencias de tal selección han sido mostradas ser commensurable con la extensión y frecuencia con la cual tales exposiciones ocurren en un área dada. En el caso más serio estudiado, El Salvador, presión selectiva ocurre con regularidad de agosto a diciembre como se muestra por el gran número de vuelos de aspersión efectuados y la casi completa supresión de población de mosquitos (Fig. 3). Tal selección se mostró resultar en el desarrollo de resistencia que aumenta anualmente a más altos niveles en paralelo con los períodos de aspersión en agricultura. Resistencia es congruente cuantativamente con la intensidad de operaciones agrícolas en cada área y cualitativamente envuelve aquellos compuestos que son empleados en las mayores cantidades en agricultura. La multi-resistencia resultante en el vector ha reducido considerablemente la eficacia de aplicaciones residuales de propoxur con la concomitante resurgencia de transmisión de malaria.¹³

El desarrollo de resistencia en mosquitos puede ser influenciada también por la aplicación de insecticidas en salud pública. Sin embargo, aspersiones caseras residuales solamente, como se aplican para control de malaria, ejerce presión de selección solamente en cerca de 50% de la población ya que generalmente sólo mosquitos hembras entran a las casas. Bajo estas condiciones, la posibilidad de resistencia debida a solo estos tratamientos debe ser mínima. Donde se usan larvicidas, especialmente en combinación con aspersiones caseras residuales, un grado más alto de presión de selección se ejerce, particularmente si químicos relacionados se usan. Exposición a tratamientos tanto agrícolas como de salud pública favorece todavía más las posibilidades para desarrollo de resistencia. En el caso de C. fatigans referido previamente se concluyó que la gran variedad de insecticidas aplicados a los cultivos había preparado la población para responder rápidamente a la presión de selección específica aplicada por chlorpirifos en los criaderos. La multi-resistencia resultante así tenía en adición a chlorpirifos, los ingredientes de una

duradera selección por una variedad de insecticidas aplicados directamente e indirectamente contra la población.¹²

En el planeamiento de recomendaciones para solucionar este problema, dos preguntas deben ser consideradas: Primero, la introducción y uso de insecticidas en agricultura permanece sin restricción en la mayoría de países en desarrollo. Nuevos compuestos se introducen antes de que han sido cuidadosamente probados y licenciados en países desarrollados. En contraste, su uso en salud pública especialmente para aspersión casera residual es precedida por exhaustivos exámenes (ejemplo, programa de ensayo de OMS¹⁴) sobre varios años. Ya que los mismos compuestos son usualmente los candidatos tanto para uso en agricultura como salud pública, su más temprana disponibilidad y uso en agricultura pone en peligro su utilidad subsecuente contra mosquitos.

Una segunda consideración es el efecto no específico selectivo ejercido en mosquitos por la multitud de insecticidas aplicados en agricultura. Exposición a compuestos de una naturaleza química variada aparece seleccionar insectos con varios caminos de detoxificación así preparando la población para responder más rápidamente a subsecuente selección específica.

En vista de lo anterior, las siguientes medidas se sugieren como ofreciendo posible soluciones.

1. Colaboración entre agencias agrícolas y de salud pública e industria en la escala más amplia con el propósito de identificar químicos que ofrecen la promesa más grande tener efectividad contra mosquitos y reservar estos exclusivamente para uso en salud pública. Para ser efectivo, cualquier convenio de esta naturaleza debe ser establecido al más alto nivel de autoridad, preferiblemente entre OMS, FAO y la industria e implementado por los gobiernos de los países. Un comité permanente conjunto puede ser designado por estas organizaciones para revisar periódicamente la información disponible y para proveer guías de acción.

2. Reducción de selección indirecta de mosquitos por insecticidas agrícolas por la introducción de prácticas comprensivas de manejo de plagas. Es entendido que exportaciones agrícolas proveen una parte considerable de la entrada de divisas de países en desarrollo. Así una reducción en el uso de insecticidas puede esperarse sólo cuando medidas alternativas efectivas han sido demostradas. Ya que investigación específica es necesaria para proveer programas integrales de manejo de plagas para cada cultivo progreso en esta área puede esperarse ser lento. Sin embargo, se cree que los excesos presentes en el uso de insecticidas pueden ser reducidos con una colaboración más estrecha entre salud pública, servicios agrícolas y por un programa intensivo de educación pública.

3. Mayor énfasis debe ser puesto en el uso de medidas integrales de control de mosquitos. La necesidad de suplementar aplicaciones de insecticidas con otras medidas designadas a reducir poblaciones de

mosquitos ha sido discutida en un número de ocasiones.¹⁵⁻¹⁷ Tales medidas podrían contribuir a reducción de la densidad de mosquitos bajo niveles críticos, al menos durante parte de la temporada, reduciendo así el número de aplicaciones de insecticidas necesarias para control de mosquitos. Ya que mucha cría de mosquito ocurre en agua de irrigación y aflujo, se necesitará la cooperación de agricultura en llevar a cabo las mejoras de ingeniería necesarias¹⁸ (por ejemplo, drenaje) y/o modificaciones agronómicas (ejemplo, irrigación intermitente vs continua irrigación de campos de arroz).

References

1. Anonymous. 1974. A Hungry World: The Challenge to Agriculture. Summary Report by University of California Food Task Force. Division of Agric. Sciences, Univ. of Calif. 68p.
2. Anonymous. 1972. WHO Information Circular on the Toxicity of Pesticides to Man. VBC/TOX/72.9 p. 3.
3. Hobbs, J.H. 1973. Effect of agriculture spraying on Anopheles albimanus densities in a coastal area of El Salvador. Mosquito News 33: 420-3.
4. Busvine, J.R. and R. Pal. 1969. The impact of insecticide-resistance on control of vectors and vector-borne diseases. Bull. Wld. Hlth. Org. 40: 731-44.
5. Ramsdale, C.D. 1973. Insecticide resistance in the anophelines of Turkey. Abstracts, 9th Intern. Congr. Trop. Med. & Malar. 1: 260-1.
6. Hamon, J., M. Eyraud, B. Diallo, A. Dyemkouma, H. Bailly-Choumara and S. Ouanou. 1961. Les moustiques de la République du Mali. Ann. Soc. Ent. Fr. 130: 95-129.
7. Hamon, J. and C. Garrett-Jones. 1963. La résistance aux insecticides chez des vecteurs majeurs du paludisme et son importance opérationnelle. Bull. Wld. Hlth. Org. 28: 1-24.
8. Brown, A.W.A. and R. Pal. 1971. Insecticide Resistance in Arthropods. WHO Monograph Ser. 38, 491 p. Geneva, Switzerland.
9. Georghiou, G.P., V. Ariaratnam and S.G. Breeland. 1971. Anopheles albimanus: development of carbamate and organophosphorus resistance in nature. Bull. Wld. Hlth. Org. 46: 551-4.
10. Georghiou, G.P., S.G. Breeland and V. Ariaratnam. 1972. Seasonal escalation of organophosphorus and carbamate resistance in Anopheles albimanus by agricultural sprays. Environmental Entomol. 2: 369-74.
11. Georghiou, G.P. 1972. Studies on resistance to carbamate and organophosphorus insecticides in Anopheles albimanus. Am. J. Trop. Med & Hug. 21: 797-806.
12. Georghiou, G.P., V. Ariaratnam, M.E. Pasternak and Chi Lin. 1975. Organophosphorus multiresistance in Culex pipiens fatigans Wied. in California J. Econ. Entomol. (in press).

13. World Health Organization. 1974. Sixteenth Report, WHO Expert Committee on Malaria. WHO Tech. Rept. Ser. 549, 80 p.
14. Wright, J.W. 1971. The WHO program for the evaluation and testing of new insecticides. Bull. Wld. Hlth. Org. 44: 11-22.
15. Garcia Martin, G. and J.A. Nájera-Morrondo. 1972. The inter-relationships of malaria, agriculture and the use of pesticides in malaria control. Bol. Ofic. Sanit. Panamer. 6: 15-23.
16. Schliessmann, D.J. 1974. Technical and economic justification for use of comprehensive measures in malaria control and eradication programs. Unpublished document, WHO/MAL/74.835, 7p.
17. Mulhern, T.D. 1972. An approach to comprehensive mosquito control. Calif. Vector Views 19: 61-4.
18. Junkert, R. and K.R. Townzen. 1973. Biological and engineering evaluation of an irrigated pasture mosquito problem in Stanislaus County, California, and recommendations for its alleviation. Calif. Vector News 20: 1-9.
19. Belios, G.D. 1961. WHO Unpublished Working Paper WHO/Mal./307.
20. Zulueta, J. de 1959. Insecticide resistance in Anopheles sacharovi. Bull. Wld. Hlth. Org. 20: 797-821.
21. Haridi, A.M. 1966. Report in WHO Inf. Circ. Insect. Resist. No. 58-59, p. 10.
22. Elliott, R. 1959. Insecticide resistance in populations of Anopheles gambiae in West Africa. Bull. Wld. Hlth. Org. 20: 777-96.
23. World Health Organization. 1973. Review of susceptibility tests of malaria vectors to insecticides from 1 July 1970 to 31 December 1971. Unpublished document, 18p.
24. Hamon, J. and J. Mouchet. 1961. La résistance aux insecticides chez les insectes d'importance médicale. Méd. Trop. 21: 565-96.
25. O'Connor, C.T. and Arwati. 1974. Insecticide resistance in Indonesia. Unpublished document WHO/VBC/74.505, 8 p.
26. Mathis, W., H.F. Schoof, K.D. Quarterman and R.W. Fay. 1956. Public Health Repts. 71: 876-8.
27. Martínez Palacios, A. 1959. Resistencia fisiológica a dieldrín y DDT de Anopheles quadrimaculatus Say en México. Bol. Comm. Nac. Errad. Palud., Mexico, 3: 31-2.
28. Mouchet, J. and J. Laigret. 1967. La résistance aux insecticides chez Aedes aegypti à Tahiti. Med. Trop. 27: 685-92.

Tabla 1. Casos de resistencia a insecticidas en mosquitos causados por presión de selección indirecta por insecticidas agrícolas.

Especie	País	Cultivo	Resistencia a Insecticida	Referencia
<u>Anopheles aconitus</u>	Java	... varios cultivos arroz	dieldrín DDT	8 25
<u>An. albimanus</u>	El Salvador, Nicaragua	algodón, arroz	parathión me. parathión malathión fenitrothión propoxur carbaryl	9-11
	Mexico, Guatemala, El Salvador, Hon- duras, Nicaragua	algodón	DDT dieldrín	various (in 8)
<u>An. gambiae s.l.</u>	Ivory Coast	café, cacao	dieldrín	7
	Nigeria	nueces de suelo	dieldrín	22
	Ghana	cacao	dieldrín	Coker 1956 (in 7)
	Mali	algodón	dieldrín	6
	Upper Volta	algodón	DDT	Hamon <u>et al.</u> , 1968* (in 8)
	Sudan, Ethiopia, Togo, Senegal	varios cultivos	DDT	23
<u>An. maculipennis</u>	Romania, Turkey	cultivos	dieldrín	Duport, 1965* (in 8), 5
<u>An. melanoon subalpinus</u>	Turkey	cultivos	dieldrín	5
<u>An. melas</u>	Zaire	bananos	DDT	24

Tabla 1. (continuada)

Especie	País	Cultivo	Resistencia a Insecticida	Referencia
<u>An. pharoensis</u>	Egypt	algodón	dieldrín	Zahar & Thymakis, 1962* (in 8)
			DDT	Zahar, 1965* (in 8)
	Sudan	varios cultivos	dieldrín, DDT	21
<u>An. quadrimaculatus</u>	USA	algodón	dieldrín	26
	Mexico	algodón	DDT, dieldrín	27
<u>An. rufipes</u>	Mali	algodón	dieldrín	Hamon 1968* (in 8)
<u>An. sacharovi</u>	Greece, Turkey	algodón, arroz	DDT, dieldrín	19, 20, 5
<u>Aedes aegypti</u>	Tahiti	coco	dieldrín	28
<u>Aedes nigromaculis</u>	USA	varios cultivos	DDT, dieldrín, OP	Various (in 8)
<u>Culex pipiens fatigans</u>	USA	varios cultivos	O-P	12

* Comunicación a OMS.

Tabla 2. Aplicaciones de insecticidas en arroz, La Concepción, Nicaragua

1963-71^a

<u>Año</u>	<u>Aplicaciones de Insecticidas</u>	<u>Total</u>
1963	Ninguno	0
1964	Carbaryl (4)	4
1965	Carbaryl (6)	6
1966	Carbaryl (3); Carbaryl + <u>me</u> -parathion (4)	7
1967	Monocrotophos (2); Carbaryl + <u>me</u> parathion (7)	9
1968	Monocrotophos (3); Endrin (2); Disulfoton (1); Ethyl-methyl parathion (2)	8
1969	Perthane (1); Monocrotophos (2); Endrin (2); Naled (3)	8
1970	Perthane (1); Naled (2); Bux (3); Tamaron (2)	8
1971	Naled (3); Bux (3); Tamaron (3); Diazinon (1)	10
1972	Cambiado a sorghum	

^a G. P. Georghiou, sin publicar.

Tabla 3. Espectros de resistencia de Culex p. fatigans en Hanford, California, 1974 (Según Georghiou y otros (12))

<u>Insecticida</u>	<u>Línea de Laboratorio susceptible</u>	<u>Líneas de campo resistentes</u>	
	DL ₅₀ <u>a/</u> (ppm)	<u>"Camara"</u> Relación de resistencia	<u>"Knudsen"</u> Relación de resistencia
Abate	.0018	116.7	37.2
Chlorpyrifos	.0023	52.2	27.0
Chlorpyrifos methyl	.003	83.3	40.0
Parathion	.0041	12.9	8.8
Fenthion	.0047	48.9	36.2
Methyl parathion	.005	24.0	13.4
Fenitrothion	.017	12.4	8.2
Malathion	.11	16.4	9.1
Propoxur	.35	2.7	2.7
Carbofuran	.052	2.7	
DDT	.065	6.2	5.7

a/ DL: Dosis letal media

Tabla 4. Insecticidas organofosforados y carbamatos ^{a/} aplicados cerca de las lecherías "Camara" y "Knudsen"^{b/} durante 1971-74^{c/}. (Según Georghiou y otros (12))

<u>Insecticidas</u>	<u>"Camara"</u> Kilos (i.a.)	<u>"Knudsen"</u> Kilos (i.a.)
<u>Organofosfato</u>		
Phosmet	867	855
Parathion	936	92
Naled	506	323
Diazinon	471	67
Malathion	431	314
Monocrotophos	291	40
Methyl parathion	290	85
Dimethoate	95	32
Azinphosmethyl	70	-
Tepp	15	-
Total	3972	1808
<u>Carbamato</u>		
Carbaryl	629	57
Aldicarb	207	213
Carbofuran	65	75
Methomyl	43	85
Total	944	430

a/Insecticidas puramente sistémicos no son incluidos.

b/Cada área representa aproximadamente 93 km², con la lechería situada en el centro.

c/Datos de 1974 son para el período de Enero-Febrero solamente.

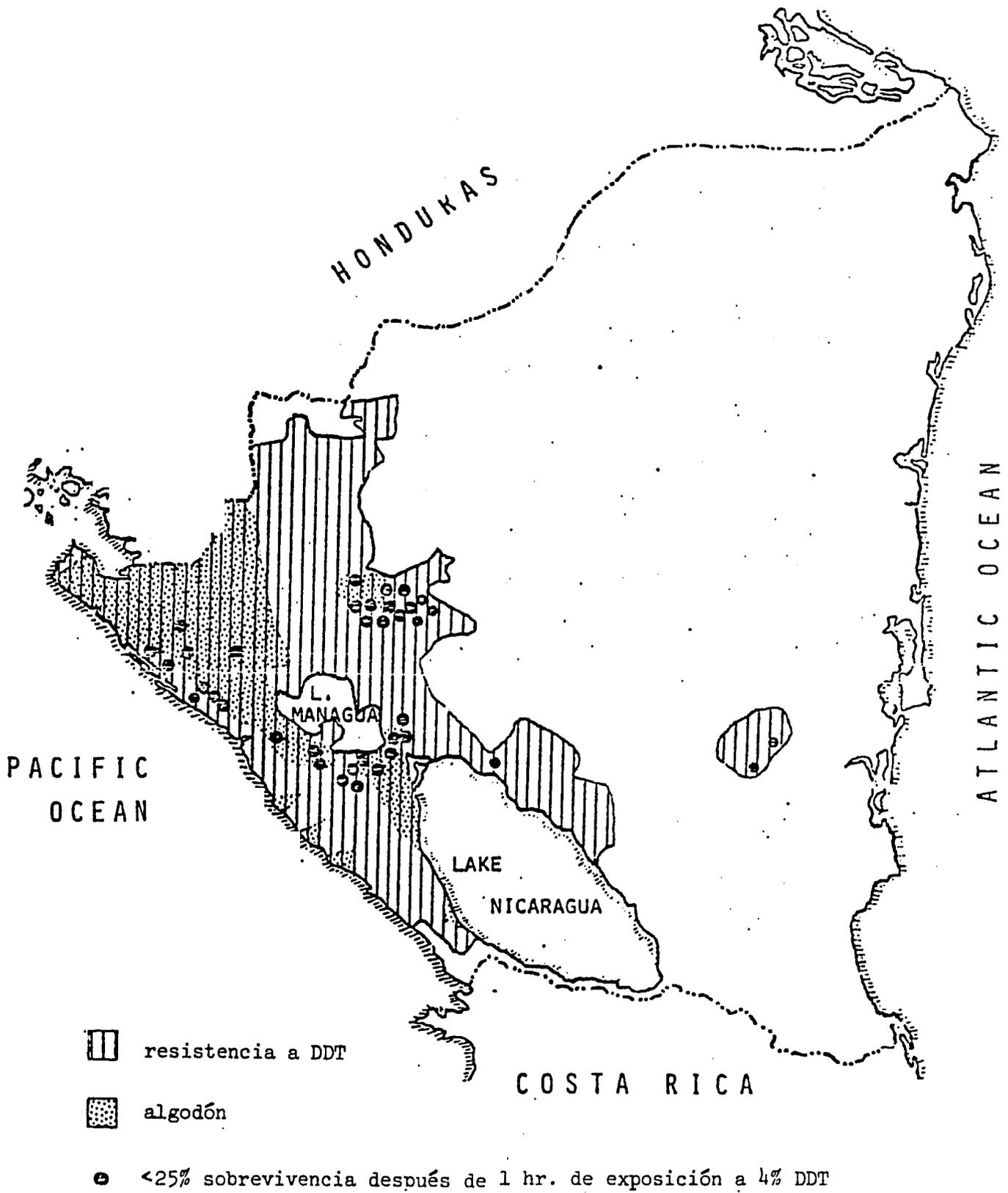


Fig. 1 Mapa de Nicaragua que indica la distribución geográfica de resistencia a DDT en Anopheles albimanus y cultivo de algodón.

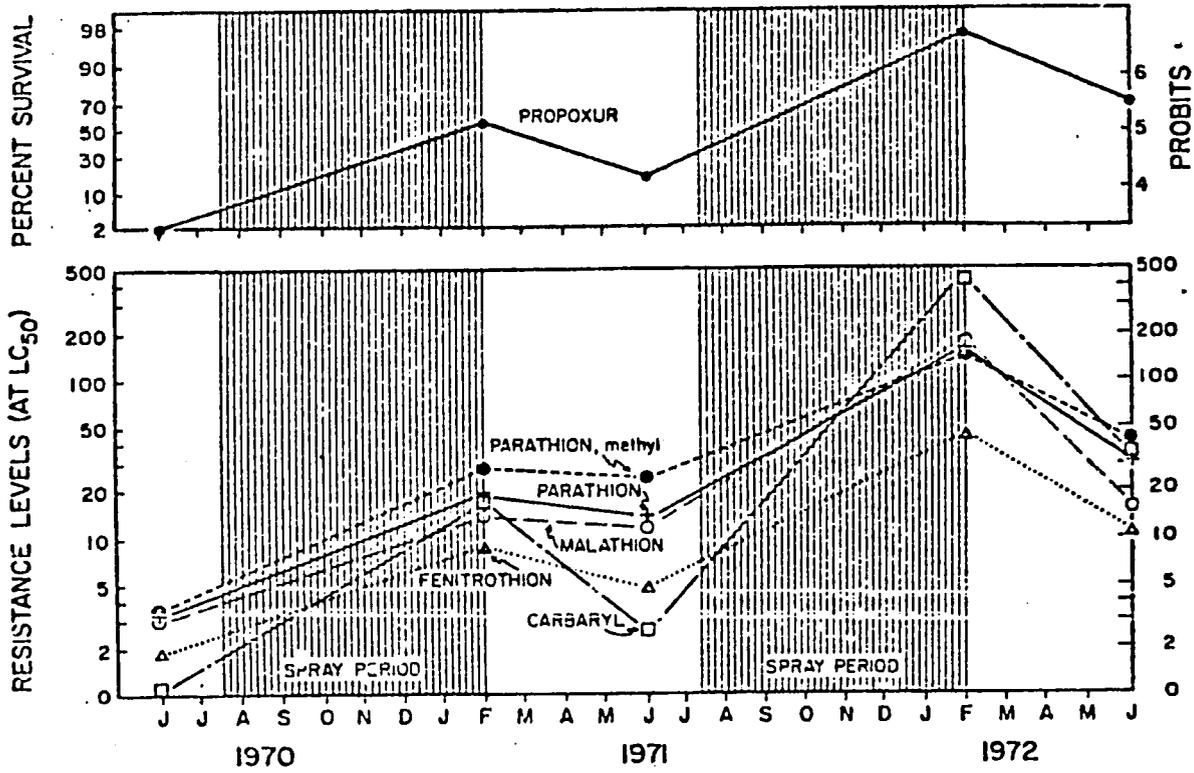


Fig. 2 Fluctuaciones en niveles de resistencia hacia organofosfatos y carbamatos en *An. albimanus* con referencia a aspersiones agrícolas alternando períodos de aspersión y no aspersión (Según Georghiou y otros (9))

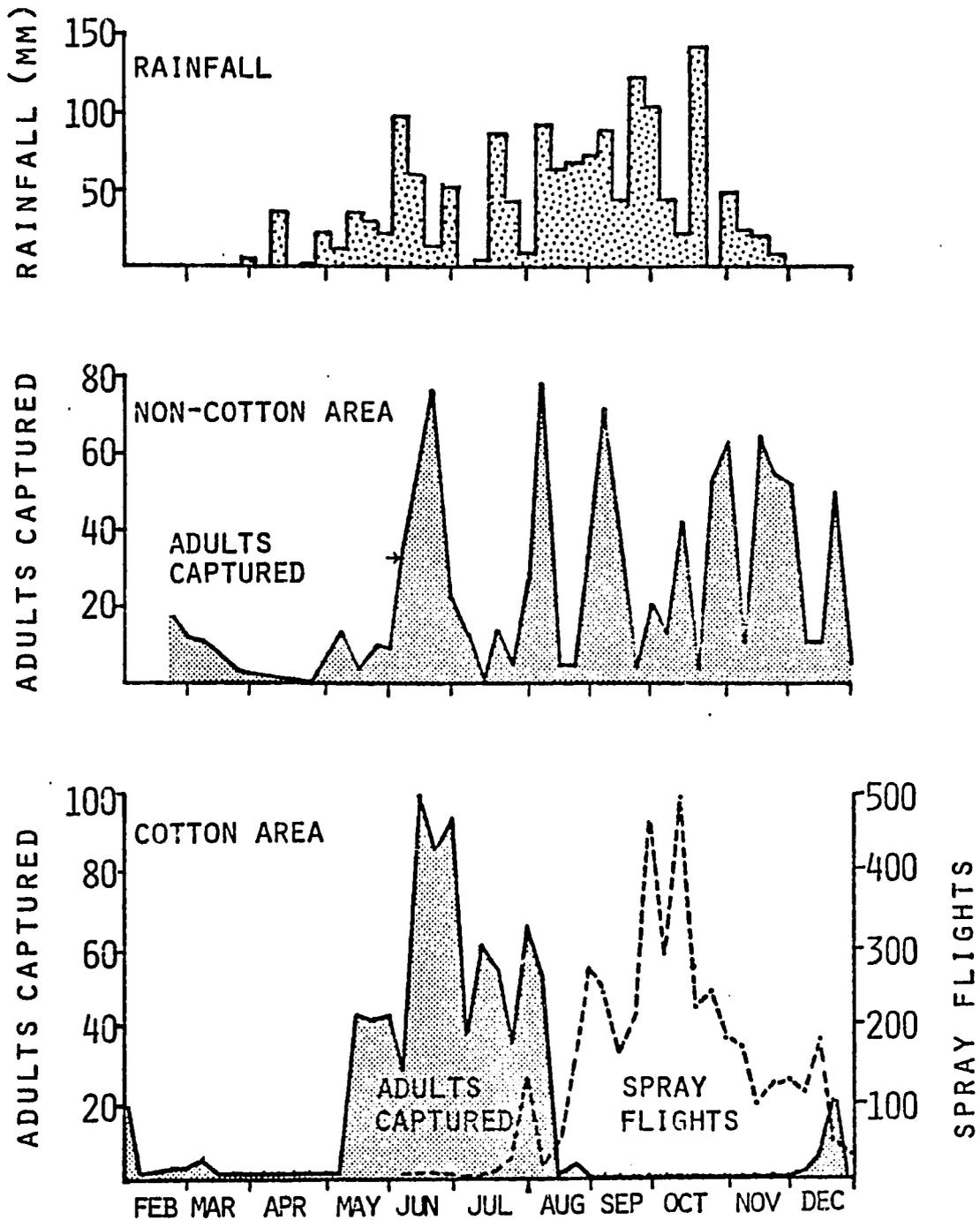


Fig. 3. Densidades de adultos Anopheles albimanus en Melara (área aldononera) y Santa Emilia (área no-algodonera), El Salvador, con archivos de precipitación y vuelos de aspersion algodónera por semana, en 1972. Adaptado de Hobb (3)

PRESENTES PROBLEMAS MÉDICOS DE MANEJO DE PESTICIDAS

J. E. Davies, M.D., M.P.H.
Departamento de Epidemiología
Escuela de Medicina, Universidad de Miami
Miembro, Proyecto UC/USAID

Presentemente, los problemas médicos de manejo de pesticidas pueden ser categorizados de acuerdo a tres categorías de exposición a pesticidas representativas de exposiciones agudas, crónica, o incidental. Estas pueden ser figurativamente presentados por el iceberg mostrado en la figura 1.

Exposición aguda

Exposiciones agudas son reflejadas por los datos de incidencia del número de envenenamientos con pesticidas que ocurren en diferentes partes del mundo. Estadísticas muy incompletas sugieren que este es un serio problema de manejo de pesticidas y la OMS estima que hay aproximadamente 500,000 casos que ocurren anualmente con una tasa de mortalidad mayor de 1% en algunos países.

Las víctimas de envenenamiento pueden dividirse entre aquellos que están expuestos debido a su ocupación y aquellos miembros que pertenecen a la población en general. Envenenamiento ocupacional que es usualmente el resultado de exposiciones dermales y respiratorias es más ligero que aquel que es debido a suicidio o ingestión accidental. Envenenamientos pueden a su turno dividirse en envenenamiento de aplicador y de recolector o envenenamiento residual. En el primero, el trabajador es a un tiempo u otro expuesto al concentrado pesticida y se envenena a través de su contacto, durante el proceso de manufactura, formulación, transporte, carga y aplicación de los materiales - paratión, fosdrín, endrín, y pentaclorofenol - pesticidas comúnmente envueltos en enfermedad ocupacional. En envenenamiento de recolector, la enfermedad resulta del contacto del trabajador con los residuos foliares y en el suelo de los pesticidas o su derivado oxon que es más tóxico. Este fenómeno no es raro en las áreas calientes y áridas del mundo y se ve más frecuentemente durante la cosecha de cítricos y algodón. Aquí de nuevo, paratión ha sido uno de los principales culpables y cuando este tipo de envenenamiento ocurre, casos múltiples en vez de casos sencillos usualmente se reportan. Recientes estudios por Spear y otros, sugieren que factores físicos y químicos los cuales son predispuestos por la formación de paraoxon pueden ser la variable más importante en el fenómeno de envenenamiento por pesticida o envenenamiento reentrada causado por paratión.

Las estrategias preventivas que salud pública usa en esas 2 distintas situaciones son (1) educación del trabajador y (2) examen de rutina de la colinesterasa de ciertos grupos que están altamente expuestos. En lo que concierne a la prevención de envenenamiento de cosecheros en los Estados Unidos existe legislación para el establecimiento de períodos de reentrada para los trabajadores para pesticidas específicos. Intervalos de tiempo después de aplicaciones de pesticidas han sido desarrollados durante los cuales es ilegal para el trabajador agrícola entrar a los campos para cosechar o raleaer cultivos.

En contraste a los envenenamientos ocupacionales, envenenamientos accidentales de la población en general son el resultado de una gran variedad de factores de los cuales la mayoría son indicativos de educación pública inadecuada y malentendida acerca de la potencial toxicidad de esos químicos y las graves consecuencias de su mal uso. Por ejemplo, muchos envenenamientos han resultado de la fácil disponibilidad de las clases de pesticidas más tóxicos en tiendas de jardinería y en "almacenes de pesticidas." Ellos son impropriadamente almacenados en la casa y al alcance de los niños. Aún el adulto corre riesgo especialmente si el químico se almacena en botellas inapropiadas. Exceso en alcohol frecuentemente resulta en envenenamiento accidental con pesticidas especialmente si el pesticida ha sido transferido a una botella vacía de ginebra o whisky. Derramamiento accidental ha resultado también en muchos casos de envenenamiento y alimentos y vestidos han sido contaminados durante el proceso de transporte de alimentos y vestidos junto con químicos agrícolas. El uso y ventas ilícitos de los miembros más tóxicos de este grupo han resultado también en fatalidades humanas y un estricto enforzamiento de ordenanzas en la ciudad y provincia deben ser instituidas. En esos países preocupados con este problema, la introducción de legislación apropiada por pesticidas prohibiendo la venta y uso de los materiales más tóxicos dentro del ambiente urbano ha reducido grandemente la incidencia de envenenamiento con pesticidas.

La accesibilidad y utilidad de envases de pesticidas sin lavar y no destruidos es otro ejemplo de mal manejo de pesticidas y uno que puede conducir a fatalidades. El almacenamiento de concentrados pesticidas en bolsas de polietileno dentro del tambor mecánico contribuiría grandemente a la reducción de los accidentes con pesticidas y ayudaría a prevenir muchas contaminaciones de alimentos almacenados que son inadvertidas. Un derramamiento masivo de pesticida concentrado puede ocasionar una situación particularmente peligrosa y varios países están ahora en el proceso de introducir números telefónicos de emergencia a las cuales se puede llamar en caso de necesidad. Esos centros tienen personal especialmente entrenado en descontaminación de pesticidas 24 horas al día. En los Estados Unidos varias compañías de pesticidas han ofrecido proveer los conocimientos necesarios y facilidades para enfrentar derramamientos considerables de sus productos particulares. Muerte de peces y animales deben también alertar a las autoridades apropiadas de la posibilidad de contaminación

accidental del ambiente y reportes de esos eventos deben ser investigados tan pronto como sea posible. El proceso de transporte y almacenamiento de pesticidas es otra fase particularmente peligrosa del ciclo de distribución. Descargue sin cuidado de los químicos en el puerto puede resultar en envases agujereados y si ellos son almacenados en bodegas en proximidad de alimentos, contaminación accidental puede ocurrir. Contaminación de alimentos puede también ocurrir en el caso de tormentas o inundaciones. Los procesos generales de mantenimiento y remoción de la basura en las bodegas de pesticidas es otra área que debería ser revisada y es un área que debería ser inspeccionada regularmente. Los grupos industriales de pesticidas locales pueden grandemente ayudar a las autoridades sanitarias locales en el planeamiento y diseño de nuevas bodegas.

De esta corta revisión de algunos de los mecanismos ambientales y de comportamiento de envenenamiento con pesticidas, será aparente que este es un problema para diferentes agencias y instituciones. Su solución contribuirá grandemente a un mejor manejo de pesticidas, una meta que solamente puede ser obtenida a través de una efectiva participación interdisciplinaria.

Exposición Ocupacional a Pesticidas

Este es el segundo nivel de exposición y es un área de especial preocupación para el médico. Salud ocupacional y seguridad del trabajador con pesticidas está recibiendo especial atención en los EE.UU. y la EPA, N.I.O.S.H. y el Departamento de Labor están volviendose todos los días más envueltos. Pilotos de aeroplanos, cargadores, formuladores de pesticidas y aplicadores han sido encontrados ser los grupos expuestos que tienen el máximo riesgo y un chequeo mensual rutinario del nivel de colinesterasa es deseable. En muchas áreas del mundo, especialmente durante época de cosecha, hay una tendencia a emplear temporalmente obreros no calificados para cargar pesticidas y para aplicar. Estudiantes de bachillerato y aún niños en varias ocasiones han sido empleados. Esto debe considerarse un estado indeseable y una práctica a ser condenada si hay una genuina preocupación por la divulgación de seguro y efectivo manejo de pesticidas. Salud y agricultura deben moverse al unísono en este aspecto y ambos deben asegurar que el cargador de pesticidas y el aplicador están apropiadamente entrenados para el trabajo, y que los jovenes, los inexpertos y los menos aventajados no sean encargados con esta labor tan responsable. Este entrenamiento especial debe cubrir no sólo los esenciales para eficiente aplicación de pesticidas sino que debe dar igual énfasis a los pasos necesarios para la protección del trabajador y su ambiente. Él debe recibir especial entrenamiento acerca de la disposición de envases y disposición de afluentes de pesticidas. Aquí de nuevo los ingredientes de buen manejo de pesticidas son: educación, entrenamiento y vigilancia. Estos varios requerimientos pueden ser implementados solamente por los esfuerzos combinados de agricultura y salud y con la industria de pesticidas teniendo mucho que contribuir con su experiencia en esas áreas. Todas esas tres disciplinas tienen mucho que ganar con mejoramientos en seguridad de trabajadores.

Exposición ocupacional es un área donde hay una gran necesidad de investigación cooperativa. Por ejemplo, el uso de sistemas cerrados para cargar aeroplanos y tanques para asperjar, el potencial de nuevos enfoques a formulación de pesticidas y la introducción de técnicas innovativas en vestido necesita exploración. Cremas de barrera y tratamiento de vestidos ofrecen considerable promesa para aumentada seguridad del trabajador.

Exposición incidental

Esta es la tercera y última área de exposición a pesticidas en la cual salud es altamente preocupada. Este tipo de exposición es el resultado de exposición incidental a pesticidas a través de vestigias cantidades de esos materiales y sus metabolitos en el aire, en los alimentos, en agua, en vestidos y en polvo casero.

Epidemiología de residuos de pesticidas en humanos

Esta área que representa la contaminación de pesticidas del hombre está preocupada con la distribución de los pesticidas solubles en grasa que son persistentes. Otros químicos no pesticidas y solubles en grasa están apareciendo en comunidades ampliamente separadas en el mundo. Los pesticidas organoclorinados más frecuentemente identificados son DDT y sus metabolitos, dieldrín, heptacloro epoxido y hexacloruro de benzeno. Como uso de pesticidas cambia y técnicas analíticas mejoran, nuevos materiales aparecerán en la gama de residuo de pesticidas en humanos. Pentaclorofenol es un diferente tipo de pesticida que está siendo encontrado con mayor frecuencia en orina de diferentes grupos de poblaciones. Los policloro bifenil (PCB's) son ejemplos de químicos no pesticidas que están siendo detectadas en reconocimientos recientes de adiposa. La mayoría de los estudios de vigilancia previos describieron la prevalencia de DDT y sus metabolitos. Una buena información de la distribución de frecuencia de este pesticida y dieldrín está en el record.

El reconocimiento que hay una relación entre DDT en la grasa y sus residuos en la sangre permitieron un mejor y estratificado muestreo de comunidades. Se encontró que niveles de DDT reflejan reciente exposición a este compuesto mientras que niveles de DDE son signos de exposición crónica por toda la vida a DDT. Inicialmente esos estudios de pesticidas persistentes fueron usados para determinar prevalencia nacional y para hacer comparaciones internacionales de diferencias geográficas y para estimar cambios seculares de esos residuos en el hombre. Al principio se pensó que DDT estaba distribuido homogéneamente a través de la población, una distribución que es compatible con el papel dominante de alimentos como la mayor fuente de esta exposición incidental. Sin embargo, con la introducción de sangre en vez de grasa como tejido de muestra, un muestreo más grande y estratificado fue posible. Pronto fue aparente que DDT no estaba homogéneamente distribuido en la población y diferencias significativas en su distribución eran identificadas con relación a las características de persona,

lugar y tiempo. Algunos de esos se muestran en las figuras 2, 3, 4, 5 y 6.

En los Estados Unidos variables personales descriptivas que influyen la distribución de frecuencia de niveles totales de DDT incluyen ocupación, raza, sexo, edad, y clase social. Niveles más altos de DDT total se encontraron en personas expuestas ocupacionalmente, en hombres, en gente de 20 años y mayor, en negros cuando comparados con blancos y en pobres cuando comparados con los solventes. Las variables de lugar muestran que residuos de DDT fueron más altos en climas calientes, más grandes en comunidades urbanas en vez de rurales en algunas áreas, y estaban agrupados por familias. Cada miembro de una familia con un nivel más alto de DDT tendía a tener un nivel de DDT más alto que el normal. Las variables de tiempo hicieron énfasis en un constante aumento de los niveles de DDT con la edad en personas menores de 20 (Fig. 5) pero hubo una estabilización de este efecto de la edad en la gente mayor de 20 (Fig. 6).

Esas distribuciones de frecuencia características de DDT no son totalmente compatibles con el concepto que alimento es la mayor fuente de residuos de DDT en humanos y sugieren que el ambiente de la casa, particularmente el polvo en el ambiente de la casa, puede ser una importante variable de este residuo en climas cálidos.

Desde un punto de vista médico, la preocupación presente se ha concentrado en tres áreas. Esas son (1) programas de vigilancia de gente, (2) efectos de inducción de enzima microsomal, (3) carcinogénesis, teratogénesis y mutagénesis.

(a) Estudios de vigilancia de gente - Este aspecto será discutido más completamente en una posterior sesión de este simposio. Empero, como la lista de químicos en la gama de residuos de pesticidas en humanos crece, es obvio que medicina y salud pública se preocuparía con la necesidad de documentar esas pequeñas medidas de exposición ambiental. Hay muy poca información de los cambios anuales ocurriendo en esos residuos en nuestra sociedad. Conocimiento de las características cualitativas y cuantitativas de la gama puede proveer claves en el futuro para el estudio de efectos en la salud humana de exposiciones vestigias a nuevos químicos que son introducidos en nuestra sociedad. No es completamente satisfactorio confiar en estudios epidemiológicos de los trabajadores altamente expuestos a fin de identificar efectos adversos en salud de esos nuevos químicos. Tales estudios son frecuentemente complicados por el hecho que el número de individuos que reciben alta exposición como resultado de su ocupación, son a menudo demasiado pequeños en número para juzgar los efectos en salud del químico en particular al cual están expuestos. También, frecuentemente muchos miembros de esta fuerza de trabajo cambian sus empleos y no se pueden seguir estudiando. Efectos en salud de químicos ambientales solamente pueden ser identificados con estudios ocupacionales si la incidencia de la enfermedad bajo estudio es muy alta, o si la enfermedad es extremadamente rara. Un buen ejemplo de la última fue visto recientemente cuando angiosarcoma del hígado fue reconocido en trabajadores expuestos

a cloruro de polivinil. Angiosarcoma del hígado es una enfermedad muy rara así que cuando tres casos fueron identificados en una planta de P.V.C. en los Estados Unidos, no fue sorprendente que los peligros de este material (particularmente su potencial carcinogénico) fueron rápidamente reconocidos. Por estas razones salud pública está particularmente interesada en el establecimiento de un programa de vigilancia de gente grande y continuado, un programa que debe ser tan completo como es el de vigilancia de alimentos.

(b) Inducción de enzima microsomal en el hígado - Los pesticidas organoclorinados, en común con muchas otras drogas, alcohol y otras sustancias extrañas son capaces de inducir las enzimas microsomales del hígado. Esas enzimas son enzimas oxidasas de función combinada que son efectivas en la detoxicación de una gran variedad de compuestas extrañas. Ellos pueden también alterar el metabolismo de esteroides, una función que se cree en parte estar relacionada con el adelgazamiento de cáscara de huevos (propiedad del DDT). Aldrín, dieldrín, endrín son todos fuertes inductores y son capaces de metabolizar una variedad de materiales exógenos tales como los hidrocarburos aromáticos carcinógenos. En este respecto, Kay ha demostrado que la incidencia de tumor mamario debido a dimetilbenzantraceno podría ser reducida sustancialmente con pretratamientos con DDT a la dosis de 10 y 100 PPM. No solamente la incidencia de tumor se redujo sino que el tiempo de inducción de tumor DMBA fue extendida. El grado de inducción microsomal está relacionado a la dosis dentro de ciertos límites. Endrín es un fuerte inductor y Jaffe y otros, demostraron niveles significativamente más bajos de DDE en el suero de trabajadores ocupacionalmente expuestos a endrín. Davies y otros encontraron niveles de DDT extremadamente bajos o no presentes en pacientes que toman difenil hydantoin (Dilantin). Ellos también fueron capaces de remover 75-80% de los residuos adiposos de DDT y dieldrín en nueve meses en voluntarios a quien esta droga fue administrada.

Aunque no hay indicación clínica de la artificial reducción de esos residuos de pesticidas persistentes en el hombre hoy, este enfoque tiene ciertas potenciales para reducir tales residuos en animales.

Los niveles presentes de residuos organoclorinados en la población no se consideran ser causalmente relacionados a inducción reconocida de enzima aunque varios investigadores han demostrado efectos de inducción de enzima en trabajadores expuestos.

(c) Carcinogénesis y tumorogénesis - En vista de la ubicua diseminación de químicos pesticidas, no es sorprendente que cuerpos científicos, legisladores y otros grupos interesados han estado pre-ocupados con los riesgos de cancer de tales exposiciones. Al presente, los hechos indisputables aparecen ser como sigue:

(1) Estudios en animales han mostrado que varios pesticidas son tumorogénicos y algunos marginalmente carcinogénicos.

(2) Que una conexión incontrovertible entre químicos pesticidas y cancer en el hombre tiene aún que ser demostrada.

(3) Que estudios epidemiológicos específicos tienen aún que ser implementados que categóricamente prueben o no este aspecto.

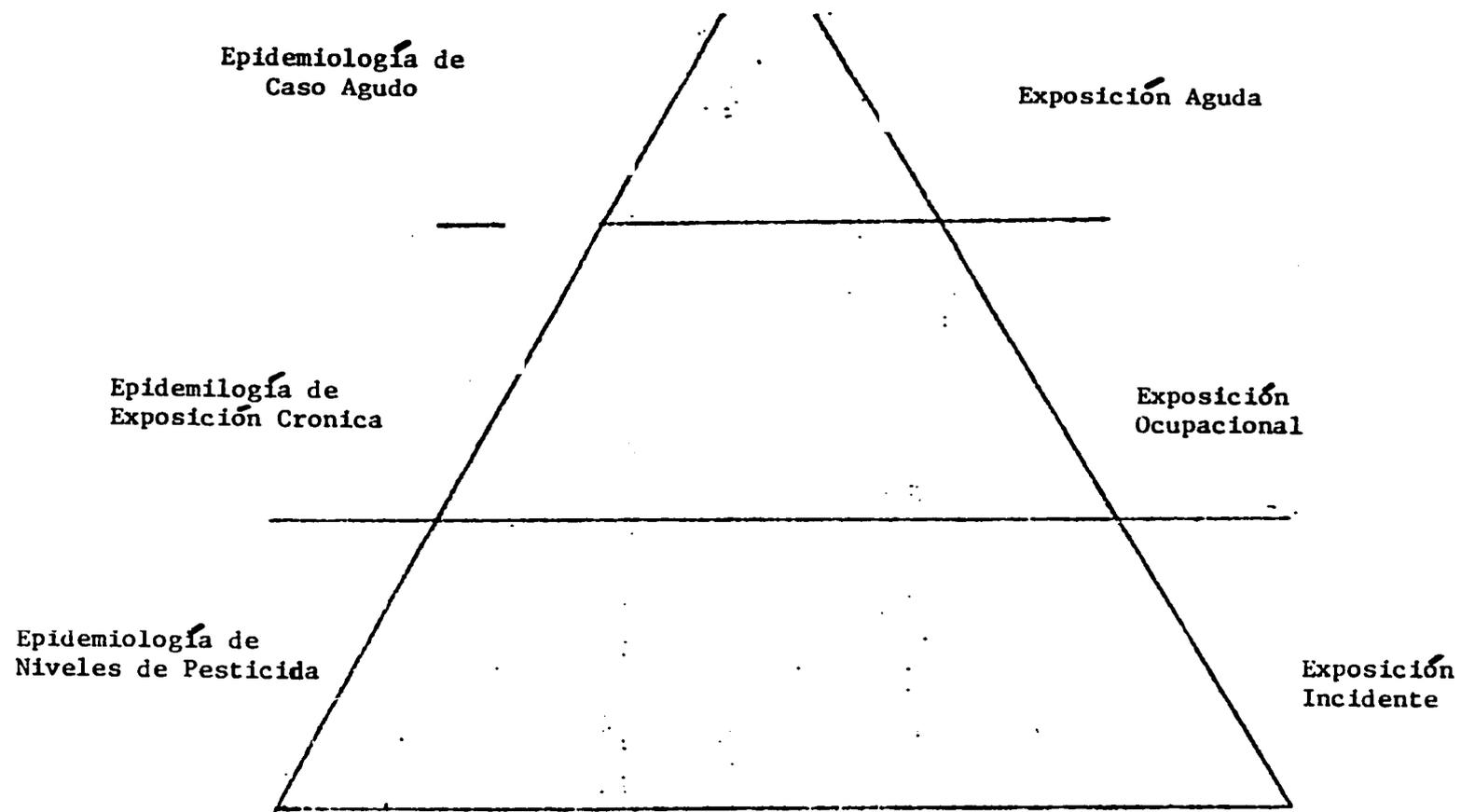
(4) Que durante la exposición ocupacional a pesticidas en los procesos de síntesis, formulación, y aplicación, los trabajadores están expuestos a una gran variedad de químicos, algunos de los cuales son tumorigénicos. Este trabajo también envuelve exposiciones a polvos que son usados como transportes de pesticidas, algunos de los cuales contienen asbestos y otros minerales fibrosos y, a través del uso de productos de petróleo, a hidrocarburos aromáticos policíclicos.

En una revisión de los riesgos de cancer ocupacionales de trabajadores en pesticidas, Kingsley Kay considera que este grupo debe ser considerado como un grupo de trabajo que tiene un riesgo ocupacional de cancer.

La última década ha visto el completamiento de varios estudios en animales designado a evaluar los riesgos carcinogénicos de una variedad de pesticidas. El tiempo no permite una revisión de esos estudios, pero en resumen varios pesticidas se mostraron ser tumorigénicos y marginalmente carcinogénicos en ciertos animales de estudio. Como un producto de estos estudios, en ciertos países, acción legislativa restrictiva ha seguido esos estudios y en los Estados Unidos, DDT ha sido prohibida, su uso en agricultura es permitido sólo para problemas con plagas escogidos y en áreas del país limitadas. Aldrín y dieldrín han seguido una suerte similar. En general esas decisiones han sido hechas en evidencia circunstancial solamente.

Estudios epidemiológicos no han suministrado respuestas que han resuelto el problema completamente, aunque una revisión de trabajadores expuestos ocupacionalmente y casos controlados de residuos en casos de cancer y controles no han soportado los hallazgos carcinogénicos notados en estudios con animales.

Porque el uso de DDT está declinando en muchas áreas del mundo debido a acción legislativa, escasez y el creciente problema de resistencia la historia puede muy bien mostrar luego que el problema no fue nunca totalmente resuelto.



ESTRATEGIA DE EPIDEMIOLOGÍA DE PESTICIDA

Figura 1.

**X NIVELES EN ADIPOSO POR EDAD Y RAZA DE TOTAL DDT (ppm)
EN LA POBLACION DE 23 ESTADOS EN ESTADOS UNIDOS. 1968**

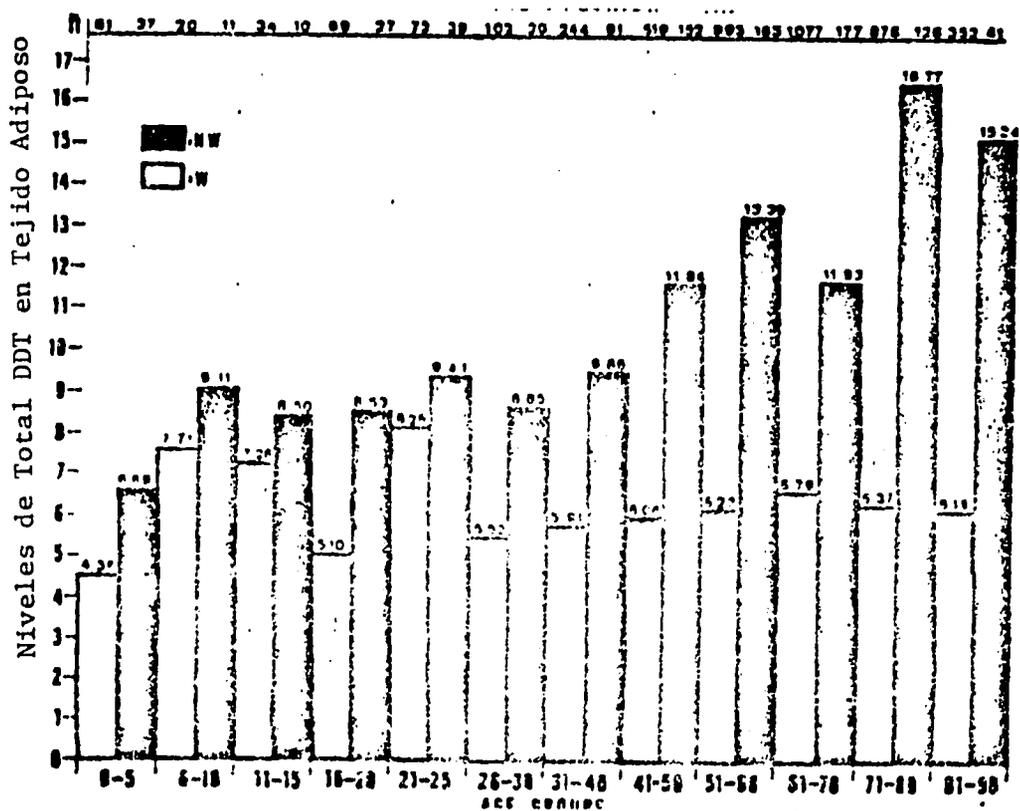
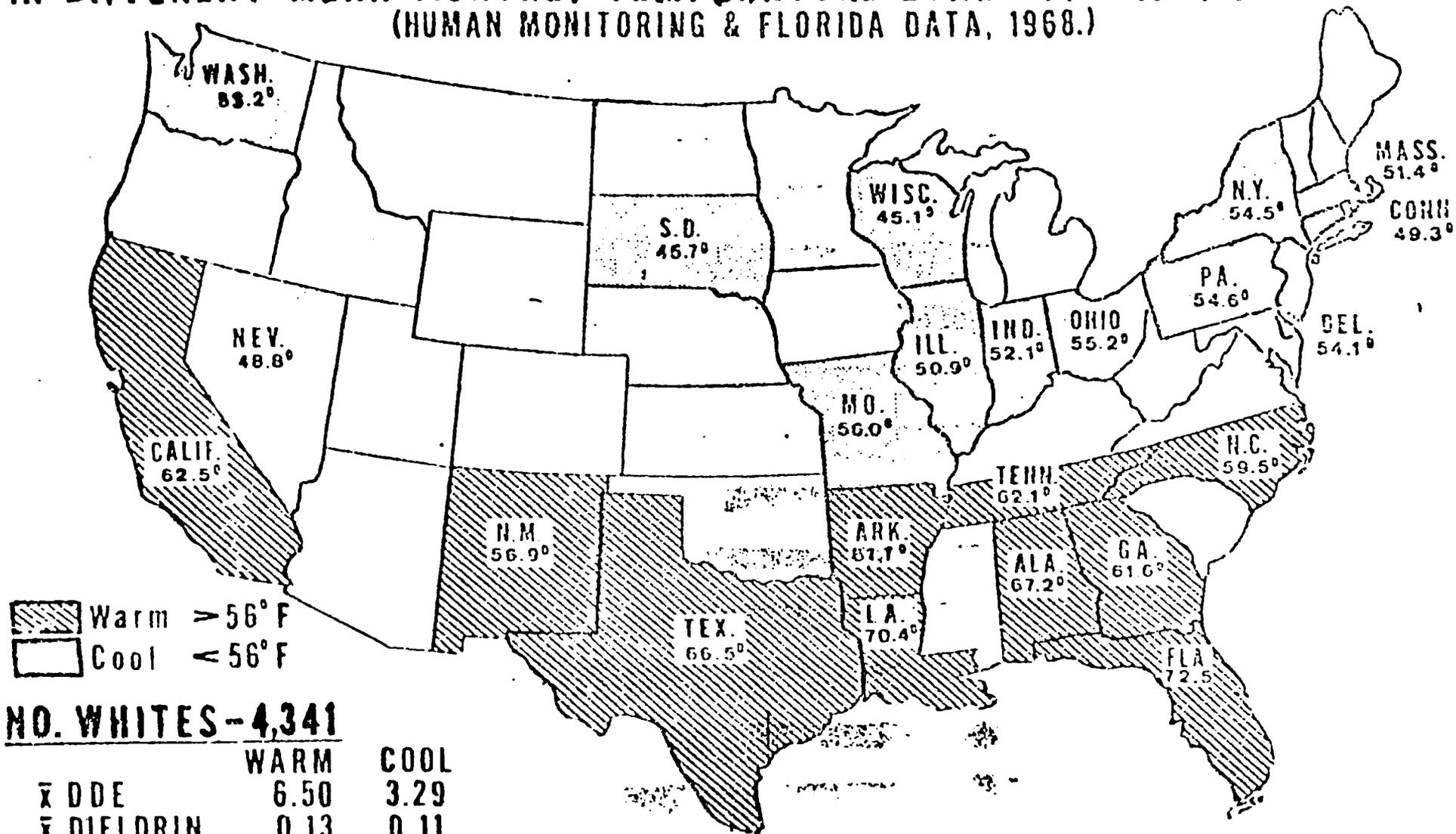
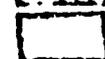


Figure 2

GEOGRAPHICAL COMPARISONS OF HUMAN ADIPOSE PESTICIDE RESIDUES (ppm) IN DIFFERENT MEAN MONTHLY TEMPERATURE ZONES OF THE U.S.A.

(HUMAN MONITORING & FLORIDA DATA, 1968.)



 Warm > 56° F
 Cool < 56° F

NO. WHITES - 4,341

	WARM	COOL
\bar{x} DDE	6.50	3.29
\bar{x} DIELDRIN	0.13	0.11
\bar{x} TOTAL DDT	9.15	4.84

NO. NEGROES - 893

	WARM	COOL
\bar{x} DDE	9.66	5.26
\bar{x} DIELDRIN	0.13	0.14
\bar{x} TOTAL DDT	14.33	7.86

Figure 3

Reproduced with the permission of Pergamon Press



Figura 4. Concentraciones (en ppm) de compuestos del tipo de DDT y HEOD en Tejido Adiposo en Europa; Concentraciones de HEOD en Itailica.

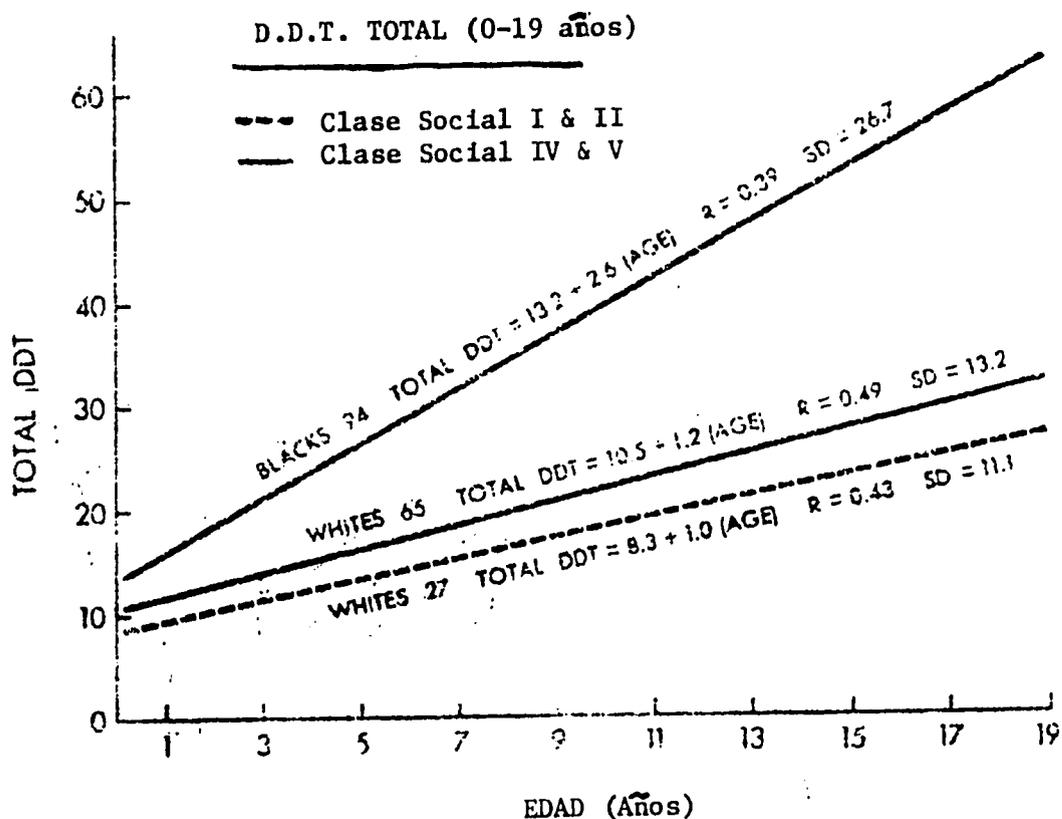


Figura 5 - Correlación de Niveles Total DDT (ppb.) en la Población del condado de Dade. 1971.

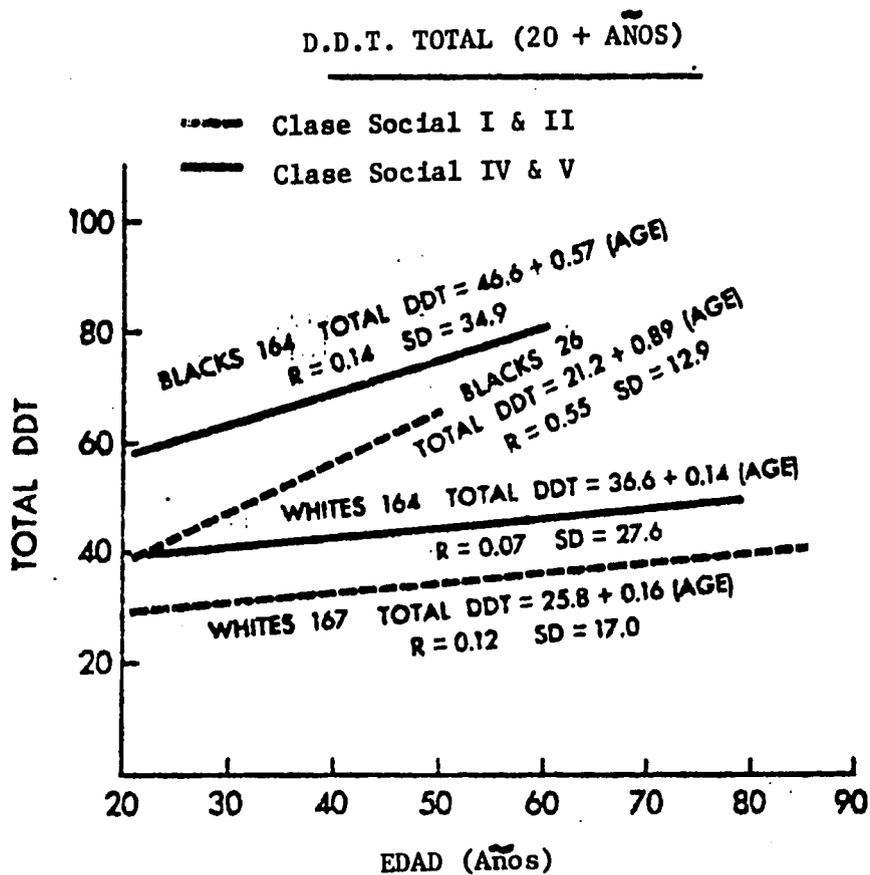


Figure 6 - Correlación de niveles totales de D.D.T. (ppb.) con edad (20-80+ años) su la población del candado de Dade. 1971.

ASPECTOS MÉDICOS DE ENVENENAMIENTO CON PESTICIDAS -
DIAGNOSIS Y TRATAMIENTO

por

J. E. Davies, M.D., M.P.H.
Departamento de Epidemiología
Escuela de Medicina, Universidad de Miami, Florida
y Miembro del Proyecto UC/USAID

Envenenamiento de humanos con pesticidas es un problema médico en crecimiento en muchas áreas agrícolas del mundo. Como un resultado de los problemas de resistencia y los efectos ambientales de los pesticidas persistentes en peces y vida salvaje y por razones económicas y sociales, los pesticidas organofosfatos están reemplazando los pesticidas organoclorinados en muchas partes del mundo. Esta tendencia mientras que alivia las consecuencias secundarias de contaminación con pesticidas ha conducido a un mayor uso de un grupo de químicos que son agudamente más tóxicos y que requieren mayor pericia en su aplicación para evitar envenenamiento de humanos.

Toxicidad vs Peligros

Desde el punto de vista toxicológico, pesticidas químicos son clasificados de acuerdo a sus potenciales de envenenamiento oral, dermales, respiratorios y retardado neurotoxicidad. Esas varias calificaciones de toxicidad, que se basan en exámenes de toxicidad en animales de laboratorio, mencionan las cantidades de materiales que se requieren para matar 50% de la especie probada (que es usualmente la rata) cuando administrado por las varias rutas de aplicación. Figuras 1 y 2 muestran la LD₅₀, como son llamadas, para algunos de los organofosfatos y organoclorinados más comúnmente usados. Los materiales al principio de la lista son los más tóxicos y los materiales abajo son los menos tóxicos. Para los organofosfatos, paratión y fosdrin son los más frecuentemente envueltos en enfermedades humanas mientras endrín y dieldrín son los materiales que están más frecuentemente envueltos en envenenamiento de humanos por el grupo de insecticidas organoclorinados.

Este uso de la toxicidad LD₅₀ de los pesticidas es de considerable utilidad al médico profesional, porque le proporciona a él un concepto de la toxicidad relativa de los diferentes materiales; es importante, sin embargo, para él reconocer que esta no es la sola variable que está envuelta en envenenamiento humano y el concepto del peligro del material, que es una expresión del potencial del material para producir envenenamiento de humanos debe también ser entendido. Peligro toma en consideración

factores tales como la diferencia en toxicidad dermal y oral, revisa e interpreta las consecuencias de las propiedades químicas y físicas de los materiales (presión de vapor, solubilidad, etc.) y los métodos de aplicación y uso. Las diferencias entre toxicidad y peligro pueden ilustrarse con los records toxicológicos de paratión y metil paratión. El primero tiene una LD₅₀ oral de 3-6 mg/kg y el último 14 mg/kg. Sin embargo, paratión es mucho más peligroso que metil paratión. Parte de la explicación de esta diferencia es debido al hecho que la LD₅₀ dermal para paratión es 6-8 mg/kg mientras que la LD₅₀ dermal para metil paratión es 67 mg/kg y ya que la mayoría de los casos de envenenamiento de trabajadores son los resultados de exposiciones dermales en vez de exposiciones orales, es fácil ver porque paratión causa más problemas. Este grupo de pesticidas se desdobra a oxones durante su metabolismo y usualmente el oxone es muchas veces más tóxico que el compuesto original. Altas temperaturas favorecen la conversión a derivados de oxone y esta es una de las razones porque muchos más envenenamientos con pesticidas ocurren durante la época más caliente del año. Es durante este tiempo que el médico rural debe estar alerta para la ocurrencia de envenenamientos con organofosfatos. Ya que una revisión detallada del campo de aspecto médico de todos los pesticidas en uso corriente es fuera del propósito de esta presentación, los aspectos clínicos y terapéuticos de sólo tres grupos de pesticidas serán discutidos hoy. Estos son: (1) los pesticidas anticolinesterasas (organofosfatos y carbamatos), (2) los pesticidas organoclorinados, (3) Biperidil intoxicantes (paraquat y diquat).

Intoxicación con organofosfatos - Los organofosfatos están implicados en más casos de envenenamiento de humanos que cualquier otra clase de pesticidas. Paratión es el más importante. Los aspectos clínicos en envenenamiento agudo pueden simular edema pulmonar, infarto miocárdico, coma diabética o encefalitis. En niños, intoxicaciones han sido confundidas con asma, neumonía y epilepsia. A menudo, una historia obvia de la exposición al pesticida no es disponible. Exposición ocupacional es principalmente dermal, produciendo relativamente una enfermedad más ligera y menos prolongada que la que ocurre después de ingestiones. Síntomas de la enfermedad se desarrollan dentro de dos a cuatro horas después de la exposición dermal y dentro de 15 a 60 minutos siguiendo la ingestión oral.

La diagnosis inicial de envenenamiento con organofosfatos debe ser hecha en bases clínicas solamente. No se puede negar tratamiento pendiente hallazgos del laboratorio. Con envenenamientos sistémicos, los síntomas y signos se deben a la inhibición de la colinesterasa y la aparición de efectos muscarínicos y nicotínicos debido a acumulación de acetilcolina. Efectos muscarínicos que usualmente precede los efectos nicotínicos, incluyen anorexia, náusea, vómito, calambres abdominales, diarrea, defecación y urinación involuntaria, sudor, salivación, lacrimación, dolor en el pecho con excesiva secreción bronquial y nubliamiento de la visión debido a miosis. Efectos nicotínicos incluyen movimientos (calambres) de músculos, fasciculaciones, debilitamiento y parálisis flácida. Con el envolvimiento de los músculos respiratorios, una complicación posterior de la respiración ocurre y lleva a apnea y muerte. Los signos y síntomas del sistema nervioso central incluyen: ansiedad, inquietud, vértigo, dolor de cabeza, somnolencia, convulsiones y coma.

En un estado avanzado, el paciente es pálido, sudoso y con saliva alrededor de la boca. Más frecuentemente las pupilas son mióticas y no afectadas por luz aunque en raros casos, pupilas dilatadas se ven y que se vuelven mióticas después de empezar el tratamiento. Si consciente, el paciente usualmente es disneico, menos común ortoneico, y ronquidos y estertores en vez de crepitaciones se escuchan. Comparado al grado de dificultad respiratoria, los resultados de rayos X son sorprendentemente mínimos. Signos cardiovasculares consisten de taquicardia y un moderado grado de hipertensión; con hipoxia marcada no hay hipertensión. Anormalidades EEG incluyen depresión S-T con un nivelamiento o inversión de ondas T y bloque atrioventricular y ritmo idioventricular. Fibrilación atrial también ha sido reportada. Manifestaciones neurológicas se observan a menudo y parálisis flácidas, respuestas extensor plantar y cambios electroencefalográficos. Picos hipotálamicos fueron notados por Holmes. Ellos persistieron por tres años después del envenenamiento. Brown recientemente describió dos ligeros envenenamientos con organofosfatos que resultaron en perturbaciones EEG, retardo del lóbulo temporal y síntomas asociados de despersonalización y el fenómeno deja-vu.

Desde un punto de vista metabólico, hiperglicemia inicial y glicosuria pueden ser observados, aunque el nivel de hiperglicemia es mucho menos que los niveles asociados con coma diabético y ketoacidosis no se ve. Los niveles de SGOT y LDH pueden ser elevados y aminoacidemia y aminoaciduria generalizadas han sido reportados. Deterioro de la reabsorción tubular del fósforo ocurre pero retorna a normal en la convalecencia. Ocasionalmente hay algún grado de fiebre con leucocitosis polimorfonuclear. Los electrólitos del suero son usualmente normales aunque hipokalemia puede ocurrir y puede ser acentuada por terapia diurética. Esto es especialmente problemático con los organofosfatos tales como Diclofentión (VC 13) que son menos polares pero más solubles en grasa.

Confirmación en el laboratorio de intoxicación con organofosfatos es proporcionada por determinaciones de células rojas (CR) y colinesterasa del plasma (ChE). Aunque hay numerosos métodos en el laboratorio para medir estas enzimas, los métodos cuantitativos más comúnmente usados son: pH-stat (titrimétrico) y el Michel (electrométrico). Los valores normales del método Michel para hombres es 0.39 - 1.20 Δ pH/hora para CR ChE y 0.44 - 1.63 Δ pH/hora para Pl. ChE; para mujeres el rango es 0.34 - 1.10 y 0.24 - 1.54 Δ pH/hora. Para el método pH-stat, el rango es 8 - 17 μ M/ml/min para CR ChE y 1.25 - 5.5 μ M/ml/min para Pl. ChE. En hospitales más pequeños, exámenes colorimétricos de eliminación se usan a menudo y el Acholest (Foguera) y Unipet (Pfizer) proveen evidencia presuntiva que debe ser confirmada por los métodos cuantitativos previamente mencionados.

Los insecticidas organofosfatos y carbamatos reducen tanto CR como la Pl. ChE enzimas. Rápida reactivación de los niveles de ChE ocurren con intoxicación con carbamatos y el examen para inhibición de ChE puede aparecer normal debido a esto. Niveles de colinesterasa para células rojas para la confirmación de determinaciones de colinesterasa se recuperan prontamente después de terapia con oxima, por eso sangre debe ser recogida antes de que 2-PAM es administrado, en un tubo heparinizado (vacutainer). Las muestras pueden ser refrigeradas pero no congeladas, por un período hasta de 48 horas antes de ser analizadas. En adición

después de exposición a estos pesticidas, niveles bajos también se encuentran en enfermedad del hígado particularmente con cirrosis alcohólica, desnutrición, hiperpirexia, infarto miocárdico, dermatomiositis y después de ciertas drogas. Kalow y otros, han mostrado que 3% de la población que son en otros aspectos normales pero que son anormalmente sensitivos a inhibidores esterasa de amonio quaternaria, tienen actividad reducida de Pl. ChE. Estas deficiencias son determinadas genéticamente y el reconocimiento del defecto es de importancia médico-legal ya que él permite diferenciación de la exposición al pesticida de un mecanismo fenotípico. Depresión del CR ChE puede también ocurrir en pacientes con hemoglobinuria paroxismal nocturna, esclerosis diseminada y en los recién nacidos después de un parto complicado.

Aunque el manejo clínico variará de acuerdo a la seriedad de la intoxicación, los cuatro esenciales para el tratamiento son (1) restauramiento del pasaje de aire y corrección de la hipoxia, (2) terapia con atropina y oxima, (3) decontaminación, y (4) investigaciones en la escena y notificaciones. Problemas respiratorios debido a secreciones deben ser rectificadas en todos los niveles. La boca y faringe deben ser limpiados de secreciones con un dedo o por succión si posible, y un pasaje orofaríngeo insertado. Si la obstrucción persiste, intubación endotraqueal debe ser hecha y la manga inflada antes de lavado gástrico para evitar aspiración de vómito. Hipoxia debe corregirse sea con métodos de presión positiva o el uso de terapia con oxígeno de 50% con un catéter nasal. Gases seriales de la sangre deben sacarse para chequear dinámica respiratoria y metabólica.

Terapia con atropina debe administrarse tan pronto como sea posible. La mayoría de las revisiones previas han recomendado que la cianosis deben corregirse primero antes del comienzo de la terapia con atropina. Es importante, sin embargo, remarcar que atropina puede salvar la vida y no debe demorarse si los intentos para devolver la cianosis se prolongan; en envenenamientos severos, atropina debe empezarse mientras se hacen esfuerzos para solucionar cualquier problema respiratoria. El paciente es extraordinariamente tolerante a atropina y grandes cantidades se pueden requerir. El reconocimiento de tolerancia no usual a atropina es una observación clínica importante que ayuda a confirmar la diagnosis de intoxicación con organofosfato. Goetsche describió un caso severo de envenenamiento con paratión en un hombre que estuvo inconsciente por 14 días y requirió atropina continuamente por 18 días; la dosis diaria más grande fue 445 mg. Fallas terapéuticas son en la mayoría de los casos el resultado de un tratamiento no suficiente. Inicialmente 2 - 4 mg se dan IV y repetido cada 5 a 10 minutos. El fin del tratamiento es producir y mantener una atropinización con dilatación pupilaria y un pulso de 140/min. como puntos finales más importantes. Dosis proporcionalmente más pequeñas se administran a niños, pero atropinización es el estado deseado en todos los casos. Ocasionalmente, refractariación cardiaca nodal ocurre dejando las respuestas pupilarias como el signo cardenal en terapia con atropina. En tales circunstancias, la disponibilidad de información toxicológica simultánea de metabolitos urinarios de pesticidas y niveles de pesticidas en la sangre pueden grandemente ayudar al médico. Tanto el fosfato alkil

y los metabolitos fenólicos han mostrado ser índices confiables de exposición a organofosfatos. Si servicios toxicológicos son disponibles, la información acerca del tipo y cantidad del metabolito de pesticida identificados en la orina añadirá especificidad diagnóstica de la exposición, provee información de la severidad de la intoxicación y es informativo acerca de la necesidad de terapia antidotal continuada por la pronta identificación de un envenenamiento con pesticida.

Las oximas son otro grupo de químicos que tienen una acción antidotal específica en envenenamiento con organofosfatos. La única disponible en los Estados Unidos es N-metil 2 formil-piridinium oxima, usada como cloruro (2-PAM Cl) o protopam cloruro, el bromuro (2-PAM Br) y el sulfonato de metano (P2S). Toxogonin es la oxima usada en Europa. La mayor acción de 2-PAM es romper ChE fosforilada, haciendo disponible ChE suelta y promoviendo una pérdida del componente fosforil dealkilada. Relieve el bloque neuromuscular de los músculos, particularmente los músculos respiratorios. Debilidad respiratoria, debilidad muscular generalizada y fatigabilidad son marcadamente mejoradas. 2-PAM debe ser dado tan pronto como sea posible siempre en unión de atropina, las dos drogas siendo complementarias en su acción. Las oximas no son activas contra todos los insecticidas organofosfatos y no se recomiendan para uso en casos de envenenamiento con carbamatos. Dependiendo del particular organofosfato, "envejecimiento" de la enzima fosforilada ocurre al tiempo que la enzima inhibidora no puede reactivarse más por 2-PAM. Con paratió, "envejecimiento" no ocurre por dos días después de exposición, así que 2-PAM puede ser usado hasta este tiempo. Con malatió, envejecimiento es temprano y el efecto de la terapia con oxima en esta intoxicación son generalmente desalentadores. La dosis usual para adultos es 1 gm IV, preferiblemente como un infusión en 250 ml de salina dada durante 30 minutos. Si eso no es práctico, una inyección IV lenta de una solución al 5% en agua puede darse durante no menos que dos minutos. En casos severos, dos gramos pueden darse inicialmente y una segunda dosis de 1 gm puede darse en una hora. Si las convulsiones son problemáticas, trimetadione o tiopental pueden usarse. Ya que dificultad respiratoria es debido usualmente a excesiva secreción bronquial más bien que a edema pulmonar, se sigue que opiáceas, aminofilina, reserpina o tranquilizantes fenotiazina, succinilcolina y furosemide son contraindicados.

Para decontaminar al paciente los vestidos deben removerse y la piel completamente lavada con jabón y agua, debe ponerse atención particular al cabello y remover el material debajo las uñas. Porque algunos de los pesticidas son más solubles en alcohol, un segundo lavado con alcohol es aconsejado. Siguiendo la ingestión oral, lavado gástrico es esencial, el primer lavado se guarda para estudios toxicológicos.

Es esencial que la información acerca de un envenenamiento con pesticida se reporte al departamento de salud pública local o a la policía tan pronto como sea posible. Una llamada telefónica es suficiente. No infrecuentemente, intoxicaciones adicionales pueden prevenirse con una visita a la casa de la persona envenenada.

Médicos que tienen responsabilidades en salud ocupacional con los trabajadores con pesticidas pueden mejorar la seguridad del trabajador estableciendo chequeos regulares de la colinesterasa de esos grupos que tienen significativa exposición a pesticidas a los miembros más tóxicos del grupo de organofosfatos. Grupos ocupacionales con la máxima exposición en trabajo incluyen aplicadores de pesticidas, cargadores, y mezcladores, pilotos y formuladores de pesticidas. En nuestro laboratorio, un nivel de colinesterasa en las células rojas de 0.40 pH/hora ha suministrado un trabajable punto de decisión para retiro temporal del trabajador de exposición posterior a organofosfatos.

Intoxicación con Organoclorinados

En contraste a la mayoría de los organofosfatos, la clase de los pesticidas organoclorinados exhibe peculiaridades tanto de persistencia como de toxicidad. Hay un amplio grado de toxicidad en los miembros de este grupo. La mayoría de los reportes de toxicidad química han seguido exposiciones a endrín, dieldrín, lindano y clordano. La enfermedad es usualmente el resultado de ingestión accidental o suicida del concentrado aunque intoxicación ocupacional ha también resultado de exposición a dieldrín en el campo y durante manufactura.

Síntomas de envenenamiento son principalmente debido a la estimulación del sistema nervioso central pero incluye también efectos en el hígado, pulmón, riñón y venas y vasos de sangre. La absorción es oral y dermal. Parastesias, mareos, ataxia, temblores, y convulsiones ocurren. Cambios electroencefalográficos reflectivos de estímulos del tronco cerebral son notados y usualmente preceden ataques. Esos cambios envuelven ondas theta bilaterales sincronizadas y picos y ondas bilaterales complejas sincronizadas. Ellos retornan a normal después del alejamiento de la exposición. Basicamente, dos modelos de ataques han sido descritos. Uno es el abrupto comienzo de ataques sin pródrómo. Estos son típicos de envenenamiento con endrín. Coble y otros describieron tal caso en una mujer quien primero se presentó con hematoma, sin conocimiento de que ella había previamente tenido una convulsión que lo causó y la cual fue debido a envenenamiento con endrín. Contracciones de los músculos, saltos mioclónicos y convulsiones precedidos por dolor de cabeza, somnolencia, náusea y vómito constituyen el otro modelo, más comúnmente visto en envenenamientos con aldrín y dieldrín. En casos severos, muerte es usualmente debida a depresión respiratoria pero puede también ser debida a asfixia durante las convulsiones, fibrilación ventricular y falla renal. Exposición crónica puede producir neuritis periferal. Estudios de organoclorinados tomados al momento de la intoxicación o corto tiempo después ayudan a confirmar la diagnosis. Ya que en la rata la severidad de la intoxicación se correlacionó con concentraciones cerebrales y ya que la sangre está más en equilibrio con el cerebro que con el tejido adiposo, los niveles en la sangre son más diagnósticos de envenenamiento que los niveles en la grasa.

En Asia, aunque la información es incompleta, los organoclorinados parecen causar más enfermedad que los organofosfatos. Ceylon, de 1960-63 tuvo 313 organofosfatos y 481 organoclorinado envenenamientos. Varias

epidemias de envenenamiento con endrín han sido documentadas. En Arabia, en 1967, hubo 874 envenenamientos con 26 muertes. En un reconocimiento para la OMS en Indonesia, el autor obtuvo información en 31 envenenamientos con organofosfatos y 478 con organoclorinados. Reportes de casos individuales y epidemias se encontraron. Como en Arabia, la mayoría fueron el resultado de contaminación accidental de alimentos comunes tales como harina y arroz, a menudo a través del uso ilícito de tambores deshechados, o por escape de estos cuando en tránsito, con filtración en alimentos adyacentes. Otro peligro reconocido fue el potencial para contaminación de alimentos y pesticidas en edificios adyacentes por aguas de inundación durante el período del monzón. Epidemias de envenenamientos podían verse por reportes de grupos de ataques convulsivos con o sin síntomas gastro-intestinales previos. Casos fueron confirmados por investigaciones epidemiológicas retrospectivas y estudios toxicológicos.

El manejo clínico de envenenamiento con organoclorinados es sintomático. Siguiendo el lavado gástrico, sedación con CNS debe iniciarse tan rápido como sea posible con drogas tales como barbituratos y defenilhidantoin. Morfina y epinefrina son contraindicados. Una gotera intravenosa de cloruro de succinilcolina, intubación y respiración con 40% oxígeno ha probado ser efectivo en manejo de ataques continuados.

Intoxicación con Biperidil

Paraquat (1,1 dimetil 4,4-dipiridilium dimetil-sulfato) y diquat (1,1'-etilene-2,2'-biperidilium) son dos biperidiles que son ampliamente usados en agricultura para control de malezas y defoliación. Paraquat es más tóxico que diquat y produce cambios proliferativos en el pulmón, lente corneal, mucosa nasal, piel y uñas.

Diquat afecta el lente y mucosa gastrointestinal y no produce los cambios pulmonares característicos de paraquat. Excepto por lesiones en el ojo, la enfermedad debida a exposición ocupacional es usualmente ligera y es el resultado de exposición tópica. Epistaxis ocurre en trabajadores siguiendo inhalación de gotitas y cambios conjuntivos ocurren con derramamiento accidental.

El cuadro clínico que sigue la ingestión accidental o suicida es muy diferente. Aunque hay unos pocos reportes de recuperación siguiendo ingestión, la mayoría de las intoxicaciones con paraquat son fatales y su manejo no es satisfactorio y grandemente sintomático. Siguiendo la ingestión de una cantidad tan pequeña como una onza de paraquat, tres estados clínicos se reconocen. Primero, hay una fase gastrointestinal con ardor en la boca y garganta, náusea, vómito con dolor abdominal y diarrea. Luego, usualmente varios días después de la exposición, signos de toxicidad renal y hepática aparecen. Estos se deben a una zona de necrosis central en el hígado y necrosis tubular aguda del riñón. Diez a veinte días luego de la ingestión, cambios progresivos proliferativos en el pulmón se desarrollan. Cambios hiperplásticos en los bronquiolos terminales ocurren con proliferación alveolar fibroblástica. Se ha

demostrado pérdida de surfactancia pulmonar. Dentro de pocos días, muerte debido a falla respiratoria ocurre. Estos cambios pulmonares severos e implacables también se notaron en un paciente que se había inyectado él mismo con paraquat para suicidarse.

Estudios de la orina en animales y pacientes indicaron que 90% del paraquat ingerido es excretado en las primeras 24 horas. Efectos pulmonares demorados parecen ser el resultado de un proceso irreversible que se desarrolla mucho tiempo después de que el estímulo inicial ha pasado.

Paraquat es absorbido pobremente del intestino. Datos acerca de la excreción sugieren que solamente 1 - 5% del material ingerido es absorbido en el hombre, pero concentraciones máximas en la sangre se obtienen dentro de 4 a 6 horas luego de la ingestión. Tratamiento en el hombre es dirigido hacia: (1) intentos para limitar la cantidad de material absorbido y (2) pasos para promover la eliminación de paraquat del cuerpo. Las propiedades adsorptivas de Bentonita, Tierra de Fuller, y otras arcillas en absorción de biperidol han sido estudiadas en gatos y ratas; las dos primeras previnieron envenenamiento en ratas y redujeron absorción en gatos. La Tierra de Fuller (30%) fue más efectiva que la bentonita. Administración temprana de esos adsorbentes es esencial y debe combinarse con lavado gástrico. Diuresis debe forzarse con Manitol. Diálisis peritoneal se requiere para falla renal. Aunque esteroides y antibióticos se dan para complicaciones pulmonares, tratamiento no ha mostrado ser efectivo en el manejo de esta fase de la intoxicación.

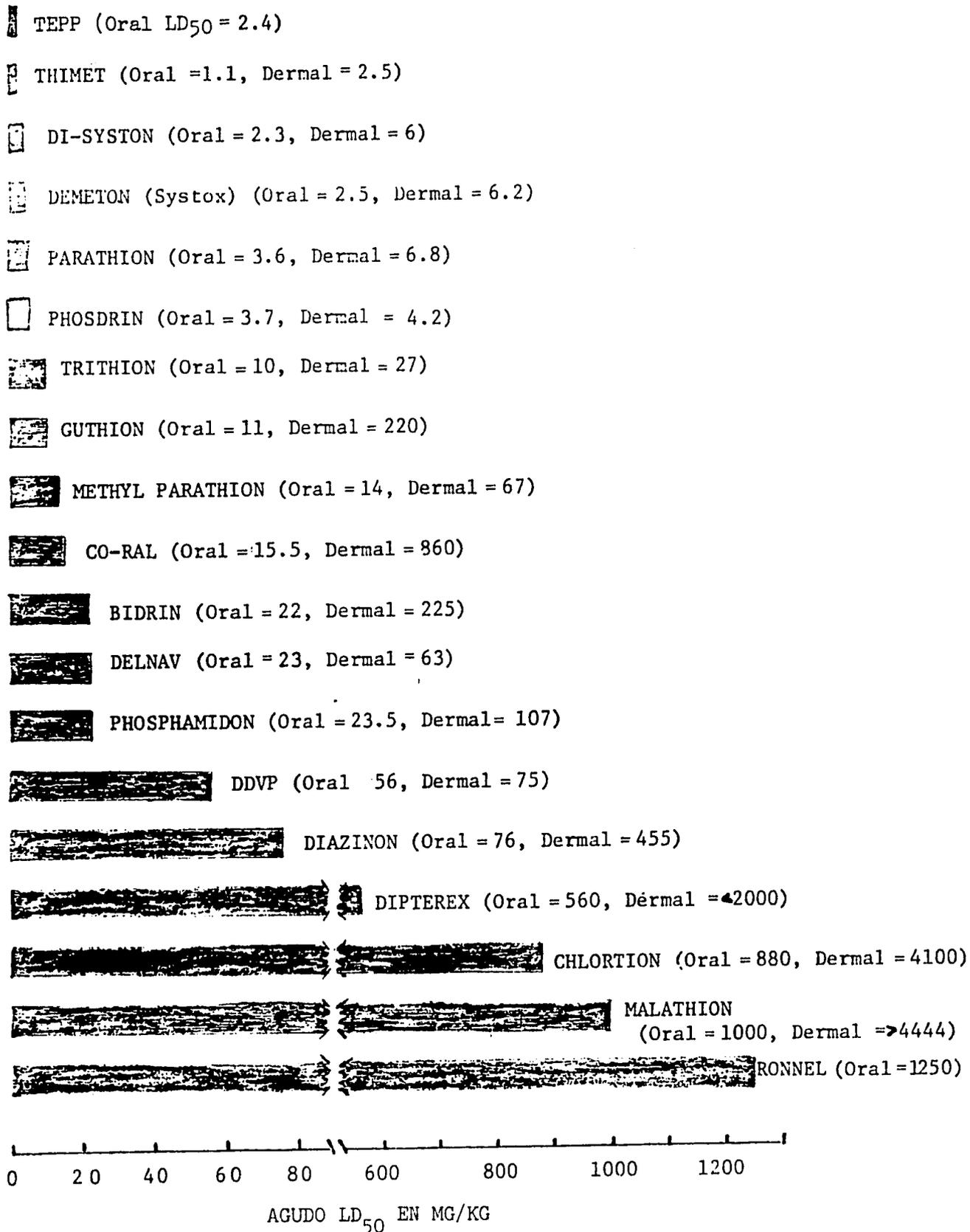


Figura 1. Gráfico que muestra valores de toxicidad oral y dermal para algunos pesticidas éster fosfatos. (Preparado por Bureau of Occupational Health, State of California Department of Public Health. Modificado con Permiso.)

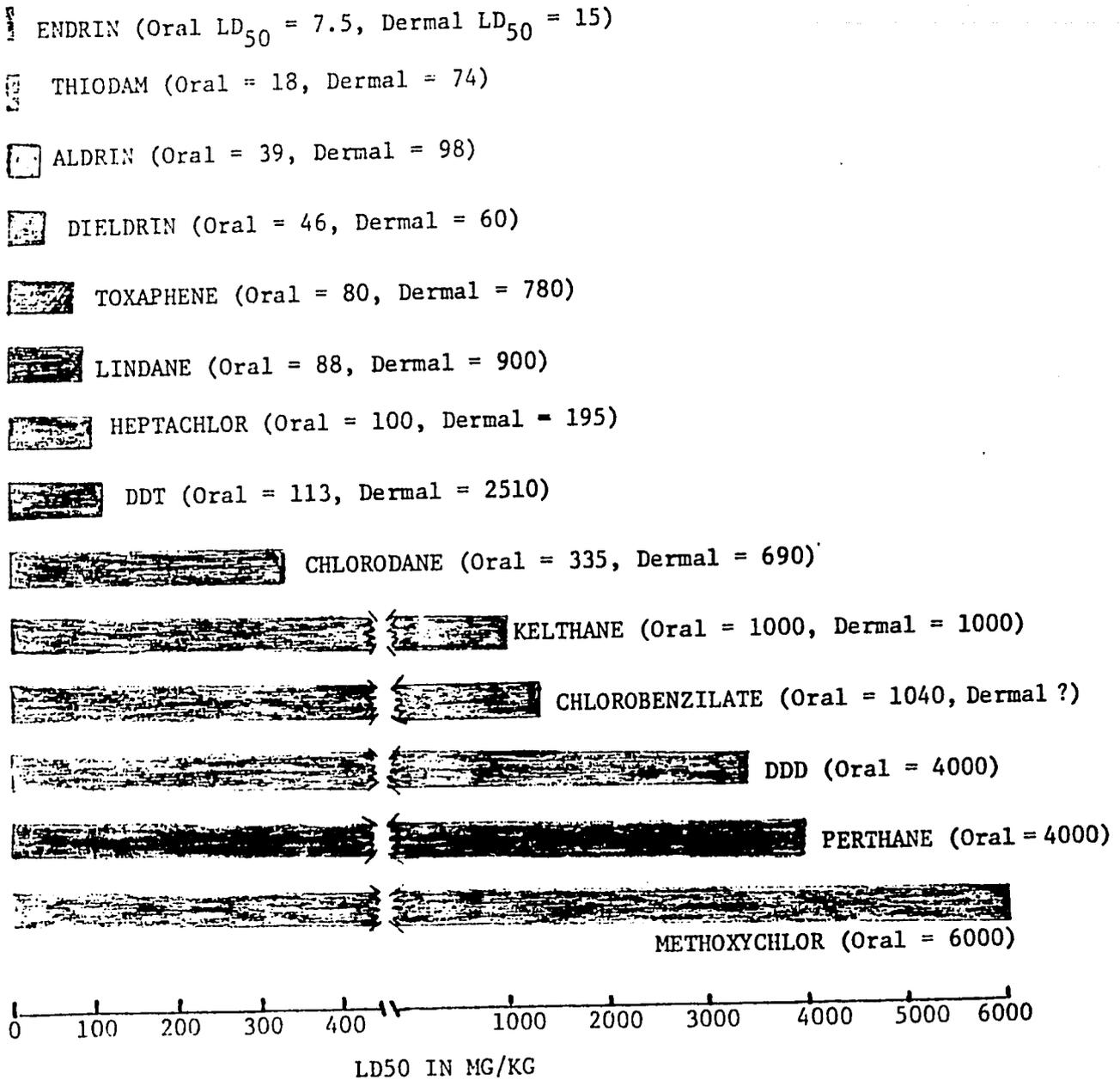


Figura 2. Gráfico que muestra valores de toxicidad oral y dermal para algunos pesticidas organoclorinados. (Preparado por Bureau of Occupational Health, State of California Department of Public Health. Modificado con permiso.)

QUÍMICA DE PESTICIDAS

Dr. Ian J. Tinsley
Departamento de Química Agrícola
Universidad de Oregon State
Corvallis, Oregon, USA

Pesticidas son a menudo clasificados biológicamente, es decir en la base del organismo que el compuesto controla. Así tenemos insecticidas, acaricidas, herbicidas, fungicidas, etc. Es también útil clasificar los muchos compuestos usados como pesticidas en una base química. Compuestos relacionados ya sean insecticidas o fungicidas tendrían así características químicas similares las cuales determinarían cómo el compuesto se puede comportar en el ambiente, cómo puede ser metabolizado por algún organismo o que procedimientos pueden adaptarse para su análisis. La gran mayoría de compuestos usados como pesticidas son orgánicos y así su clasificación sería basada primariamente en la naturaleza del grupo funcional que caracteriza el compuesto.

Hidrocarburos Clorinados - Una gran variedad de compuestos pesticidas son usualmente incluidos en este grupo cuya mayor característica es que el compuesto tiene numerosos átomos cloros substituyentes y pocos si es que hay otros grupos funcionales en la molécula. Por ejemplo, el fungicida hexaclorobenceno sería incluido en esta clase. El más renombrado pesticida en el grupo sería DDT. Su efectividad impulsó el desarrollo de una serie de compuestos clorinados con esta básica estructura (difencil etano), tales como metoxicloro y dicofol.

Aldrín, dieldrín y endrín tienen un diferente esqueleto de carbono que DDT pero también clasificarían como hidrocarburos clorinados. Heptaclor y clordano tienen estructuras algo similares. Toxafeno sería también incluido en este grupo sin embargo la preparación comercial es una mezcla de compuestos derivados de la clorinación del camfeno. Los diferentes componentes de la mezcla variarían en el número y posición de los cloros substituyentes. Hexacloruro de benzeno--un desafortunado nombre ya que el compuesto es más correctamente hexaclorociclohexano, es un alicíclico en vez de un compuesto aromático. Sin embargo, uno podría también clasificar este pesticida como un hidrocarburo clorinado.

Así, un grupo algo diverso de estructuras moleculares es incluido en esta clase de pesticidas. El átomo cloro substituyente es relativamente no reactivo y el enlace C-Cl relativamente no polar. Así encontramos que esos compuestos son a menudo bastante resistentes a desdoblamiento con comparativamente baja solubilidad en agua (algunas veces en el rango ppb) y altos coeficientes de partición y consecuentemente tienden a partirse en ambientes hidrofóbicos tales como materia orgánica del suelo o depósitos de grasa en animales.

Organofosfatos. Estos compuestos--la mayoría insecticidas--son esterres del ácido fosfórico. TEPP, por ejemplo, es un éster simple de ácido pirofosfórico y etanol, mientras diclorvos es un éster de ácido ortofosfórico. Los organofosfatos más ampliamente usados (estos son paratión, diazinon, etc.) son variantes en la básica estructura de fosfato en que uno de los oxígenos en los fosfatos es reemplazado por azufre. Malatión, al contrario, es un ditiofosfato en el cual 2 átomos de oxígeno fosfato han sido reemplazados por átomos de azufre.

Esterres fosfatos--como cualquier otro éster--hidrolizará (reaccionar con H_2O) para dar últimamente el ácido fosfórico y correspondientes alcoholes (o tioles). Así en contraste a hidrocarburos clorinados, organofosfatos se desdoblán algo rápidamente. La porción fosfato o tiofosfato de la molécula da alguna polaridad a la molécula y así encontramos que estos compuestos tienden a ser algo más solubles en agua y dar coeficientes de partición más baja que los hidrocarburos clorinados. Debe enfatizarse que ambas velocidades de desdoblamiento y coeficientes de partición varían marcadamente con la naturaleza de los diferentes átomos substituyentes en el componente del fosfato así que un compuesto tal como leptofos con varios átomos substituyentes aromáticos en la molécula muestra un coeficiente de partición tan alto como DDT.

Carbamatos. Estos pesticidas son derivativos del ácido carbámico. Esterificación de la función ácido y substitución en el nitrógeno da compuestos tales como el herbicida IPC y los bien conocidos insecticidas, carbaril y propoxur. Substitución de azufre por oxígeno produce un tiocarbamato tal como el herbicida EPTC.

Como los organofosfatos estos compuestos se hidrolizan fácilmente en el enlace carbamato y así se degradan algo rápidamente. Aquellos carbamatos que contienen anillos aromáticos tienen solubilidades algo bajas (10-100 ppm) mientras que los carbamatos alquil tendrán solubilidades en el rango de 100-1000 ppm.

Fenoles. Pentaclorofeno y DNOC son ejemplos de esta serie de compuestos los cuales encuentran uso como fungicidas, herbicidas e insecticidas. Estos compuestos son ácidos débiles y consecuentemente su comportamiento variará con el pH. La sal o anión, predominante a valores de pH más grande que el pK, es más soluble en agua y menos volátil que el fenol no disociado.

Fenoxiácidos y ácidos Benzoicos. Se ha desarrollado un número de herbicidas que están relacionados al 2,4-D, un ácido fenoxiacético. Ácidos benzoicos substituidos también encuentran uso como herbicidas. Las propiedades químicas de estos compuestos varían drásticamente dependiendo ya sea que los compuestos sean usados como una sal, el ácido libre o un éster. Las sales serían solubles en agua y no volátiles, mientras que los ácidos libres y ésteres tienden a ser menos solubles y más volátiles. Con los ésteres, volatilidad decrece con el peso molecular del alcohol por ejemplo, éster butil es menos volátil que el éster propil.

Ureas. Las ureas substituidas tales como monourón y diurón son bases orgánicas que tienen alguna semejanza estructural a carbamatos. Las ureas son solubles en agua al grado de 5-3000 ppm--dependiendo en el tamaño de los átomos substituyentes no polares en el nitrógeno y también en el desdoblamiento por hidrólisis.

Heterocíclicos de Nitrógeno. Compuestos heterocíclicos contienen átomos diferentes que carbono en la estructura anillo y una serie de herbicidas ha sido desarrollada la cual varía ambos en el tamaño del anillo y el número de átomos de nitrógeno en el anillo. Amitrole, por ejemplo, está basado en un anillo de cinco miembros que contiene tres nitrógenos, mientras que los comunes compuestos triazina tales como atrazina y simazina, están basados en un anillo de seis miembros conteniendo tres nitrógenos. Picloram al contrario contiene un anillo de seis miembros con solamente un nitrógeno.

Estos compuestos cíclicos son muy estables, particularmente los triazinas, y consecuentemente son muy persistentes. Solubilidad en agua de los triazinas varía de 5-700 ppm. Debido a que son bases, su comportamiento variará también con el pH. Paraquat podría también ser incluido en esta clase de compuestos; sin embargo, el nitrógeno cuaternario o cargado confiere propiedades algo únicas a este compuesto. Es una sal.

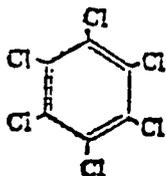
Alifáticos simples. Muchos de los fungicidas comunes son moléculas simples, tales como metil bromuro, EDB (dibromuro de etileno) o DD (dicloropropeno). Estos compuestos de bajo peso molecular tendrán alta presión de vapor la cual es esencial a su acción fumigante. El herbicida Dalapon, podría también ser incluido en esta clase porque es un ácido alifático relativamente simple.

Compuestos organometálicos. Un número de compuestos que contienen metales ligados covalentemente se usan como pesticidas. Compuestos orgánicos de mercurio han hallado uso extensivo como fungicidas y compuestos tales como ácido cacodílico han sido ampliamente usados como herbicidas. Más recientemente compuestos "organo-tin" tales como "cyhexatin" han sido introducidos como acaricidas. Características químicas de estos compuestos son más indicativos de compuestos orgánicos que de inorgánicos; por ejemplo, tienden a ser muy solubles en grasa y son metabolizados muy similarmente a compuestos orgánicos.

Cualquier sistema de clasificación es imperfecto y las varias clases mencionadas antes excluirían compuestos tales como propanil, un derivativo de anilina, o endotal, la sal sódica de un ácido cíclico dicarboxílico simple. La clasificación no incluiría las estructuras algo complejas de los insecticidas rotenona o piretrina que ocurren naturalmente. El compuesto nicotina que ocurre naturalmente se clasificaría como un nitrógeno heterocíclico. Sin embargo, las mayores clases de compuestos están incluidos--es decir una cierta propiedad estructural o funcional la cual provee la base para una serie de compuestos activos usados comercialmente--y las mayores cantidades de pesticidas usadas serían también cubiertas por estas clases.

HIDROCARBUROS CLORINADOS

Hexaclorobenceno



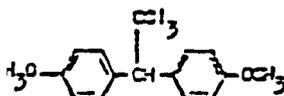
Toxafeno



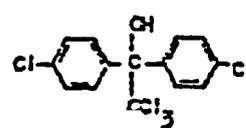
DDT



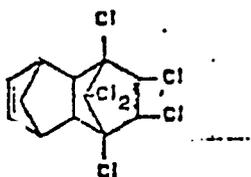
Metoxicloro



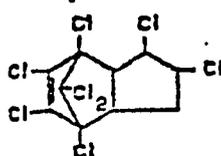
DICOPOL



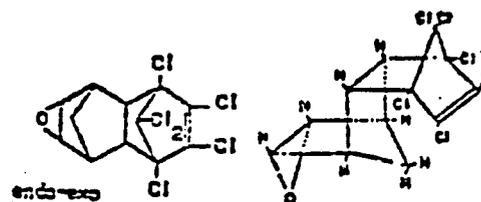
ALDRIN



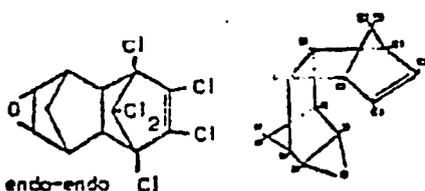
Clordano



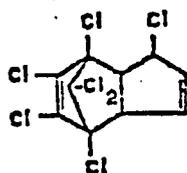
DIELDRIN



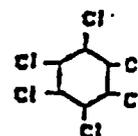
ENDRIN



Heptaclor

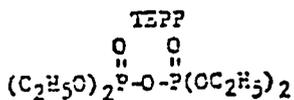


ECE (BHC)

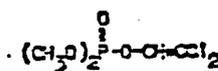


ORGANOFOSFATOS

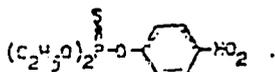
ÁCIDO FOSFÓRICO



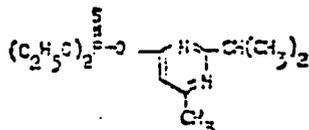
Diclorvos (Vapona)



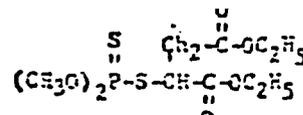
Etil Paratión



DIAZINON

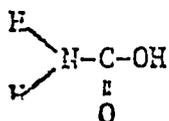


Malatión

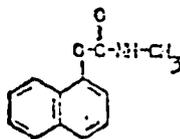


CARBAMATOS

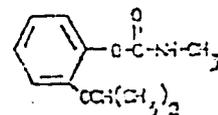
Ácido Carbámico



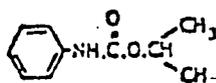
CARBARYL (Sevin®)



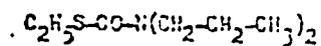
PROPOXUR (Baygon®)



PROPHAM

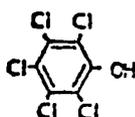


EPTC

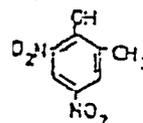


FENOLS

PCP

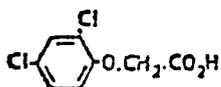


DNOC

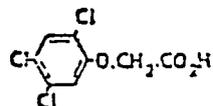


ÁCIDOS FENOXI - BENZOICOS

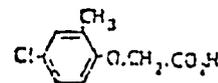
2,4-D



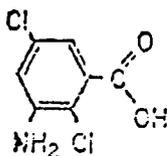
2,4,5-T



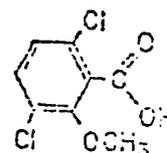
MCPA



AMIBEN

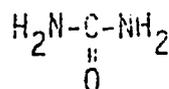


DICAMBA

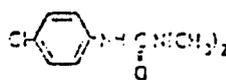


UREAS

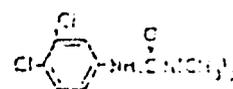
UREA



MONURON

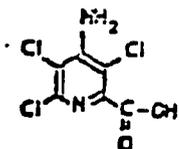


DIURON



COMPUESTOS NITRÓGENOS HETEROCÍCLICOS

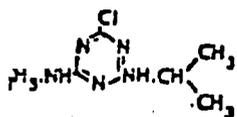
PICLORAN



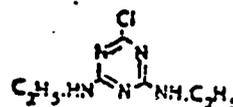
AMITROLE



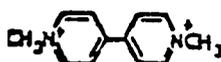
ATRAZINE



SIMAZINE



PABAQUAT



ALIFATICOS SIMPLES

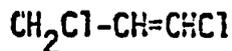
Metil Bromuro



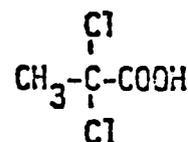
EDB



DD

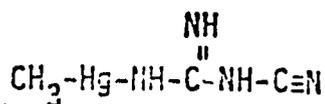


DALAPON

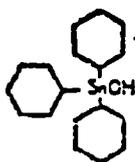


COMPUESTOS ORGANOMETALICOS

PANOGEN



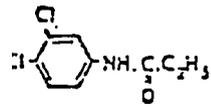
Plictran[®]



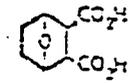
Ácido Cacodílico



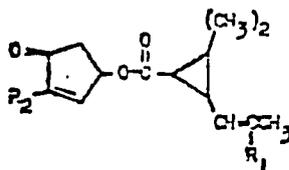
PROPANIL



ENDOSULFAN



PYRETHRIN



Pyrethrin I:

$R_1 = -CH_3$

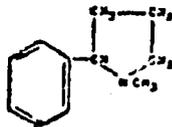
$R_2 = -CH_2CH=C(CH_3)CH_2$

Pyrethrin II:

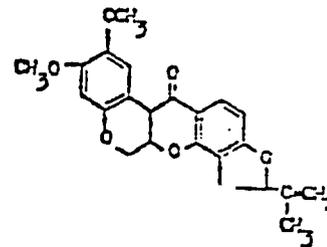
$R_1 = -C(=O)CH_3$

$R_2 = -CH_2CH=C(CH_3)CH_2$

NICOTINE



ROTENONE



ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PESTICIDAS

Dr. Ian J. Tinsley
Departamento de Química Agrícola
Universidad de Oregon State
Corvallis, Oregon, USA

El uso de pesticidas en agricultura resultará en residuos en el cultivo. El nivel de este residuo en la porción consumible tiene que ser mantenido por debajo de las concentraciones que podrían ser dañinas al consumidor. Esto se logra controlando tanto la velocidad como el tiempo de la aplicación del pesticida. La información necesaria para hacer esas decisiones depende de un conocimiento de la cantidad de pesticida requerida para controlar la plaga, lo mismo que la información analítica que indicará cuanto residuo es producido por ciertas velocidades de aplicación durante diferentes intervalos de tiempo. Obviamente, este tipo de información tiene que ser acumulado antes de que las recomendaciones sean preparadas para el uso de un dado compuesto en un cultivo específico.

Una vez que el particular pesticida es usado comercialmente es necesario que las agencias reguladoras gubernamentales hagan algún chequeo para asegurarse que las regulaciones sean seguidas y para confirmar que las recomendaciones hechas sean efectivas. La necesidad de métodos analíticos confiables para residuos de pesticidas en esta fase de tecnología de pesticidas es así muy obvia.

La habilidad para analizar residuos de pesticidas es importante en otras situaciones, tales como cuando se decide qué sucesión de cultivos puede sembrarse en un cierto campo. Por ejemplo, maíz puede cultivarse en un campo y un programa de herbicida seguido para controlar las especies de plantas indeseables. Residuos de esos herbicidas pueden persistir y la pregunta es si algún otro cultivo diferente de maíz puede ser sembrado en tal campo. Uno puede conducir un ensayo biológico y sembrar alguna semilla para ver como germina. Sin embargo, si uno sabe que herbicidas fueron usados es posible conducir los análisis apropiados y entonces hacer algunas recomendaciones acerca de los cultivos que pueden ser sembrados. Análisis de residuos de pesticidas también se hace importante cuando la posibilidad de contaminación o daño existe. Si algún cultivo sensitivo se daña por arrastre o mala aplicación de un químico, entonces se hace necesario determinar qué residuos de químico están en las plantas afectadas antes de que uno pueda establecer lo que realmente sucedió. Cultivos agrícolas que son exportados y tienen que llenar requerimientos de residuos impuestos por el país importador deben ser muestreados y analizados previamente al embarque.

La habilidad de analizar por residuos de pesticidas también nos capacita para chequear el ambiente para determinar el grado en el cual esos químicos están distribuidos en áreas agrícolas donde ellos son aplicados. Es también útil ser capaz de analizar para residuos de pesticidas en casos de intoxicación. Normalmente, tratamiento tiene que ser iniciado antes de que esta información pueda ser obtenida. Sin embargo, análisis de tejidos pueden indicar la naturaleza específica del compuesto e indicar el grado de exposición. Esta información, si es disponible puede ser lo más útil en el tratamiento de casos de intoxicación.

Es así muy evidente que una capacidad analítica competente para residuos de pesticidas es una parte integral de un programa total de manejo de pesticida. Esta capacidad sería más comúnmente asociada con esas agencias regulando uso de pesticidas ya sea en programas de agricultura o salud pública o en establecimientos de investigación que estén envueltos en el estudio del comportamiento de estos químicos.

I. Procedimientos Analíticos

El análisis de residuos de pesticidas presenta un problema especial en química analítica en que uno está analizando pequeñas cantidades de un químico dado en la presencia de grandes cantidades de materiales extraños derivados del producto al cual el pesticida ha sido aplicado. Para solucionar el problema de las grandes cantidades de materiales potencialmente contaminantes, procedimientos especiales para extracción y limpieza pueden ser utilizados.

A. Extracción

Procedimientos subsecuentes requieren que el residuo de pesticida esté en solución; así el paso inicial envuelve la molienda o mezcla de la muestra con un solvente el cual disolverá el pesticida. El analista tiene que saber la manera en la cual el pesticida está ligado a la muestra. En ocasión puede ser necesario pretratar la muestra para liberar el pesticida; de lo contrario no será disuelto en el solvente extrayente. No procedimiento de extracción removerá 100% del residuo y en cada situación una evaluación cuidadosa de la eficiencia de extracción tiene que ser establecida. Los analistas usan el término "recuperación" para indicar la eficiencia de su procedimiento.

B. Limpieza

El análisis de residuos de pesticidas sería simplificado si el solvente extrajera solamente el pesticida. Desafortunadamente, una cantidad considerable de la muestra de material es extraída junto con el pesticida. Para minimizar interferencia en las subsecuentes medidas cuantitativas, tanto como sea posible de este material extraño tiene que ser removido. Esto es referido como el paso de "limpieza."

Esto se logra usualmente dividiendo el extracto contra otros solventes, por adsorción en algún adsorbente sólido, tal como alúmina o florisil, seguido por extracción con solventes apropiados. La mayoría de las sustancias interferentes son ya sea lavados de la columna previamente a la extracción del pesticida o retenido en el adsorbente.

Procedimientos de limpieza diferirán de muestra a muestra. Muestras de agua requerirían mínimo tratamiento, mientras muestras de suelo podrían presentar todo clase de problemas debido a la variedad de componentes presentes. Así el análisis del mismo residuo de pesticida en un producto diferente representa un problema analítico completamente nuevo ya que los procedimientos de extracción y limpieza serán siempre distintos. En este estado el analista tendría una solución del pesticida la cuál sería con optimismo relativamente libre de compuestos interferentes y él estaría en una posición de hacer medidas cuantitativas.

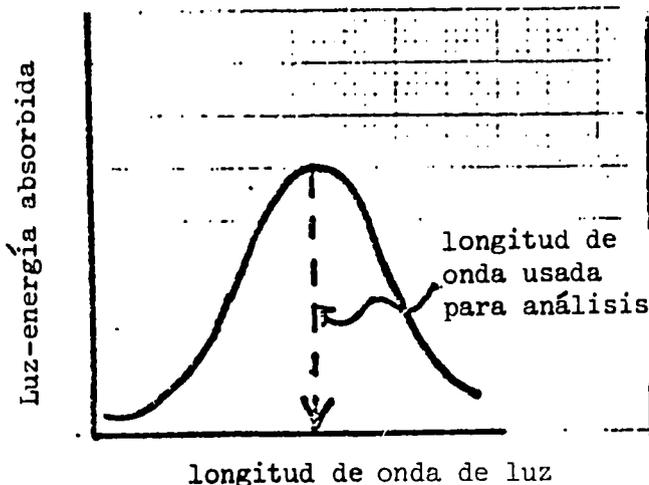
C. Medidas Cuantitativas

A través de los procesos de extracción y limpieza los volúmenes usados han sido registrados y uno terminará con un volumen dado de solución la cuál contendría el pesticida extraído de una dada masa de tejido animal o vegetal. El paso final entonces en el análisis de residuo es determinar la concentración de pesticida en esta solución. El procedimiento a ser usado tiene que ser sensitivo ya que estamos tratando con sólo pequeñas cantidades del compuesto pesticida y selectivo porque, aunque cuidado considerable es tomado durante el proceso de limpieza, la solución final aún contendrá una cierta cantidad de otros compuestos los cuales podrían interferir con el análisis.

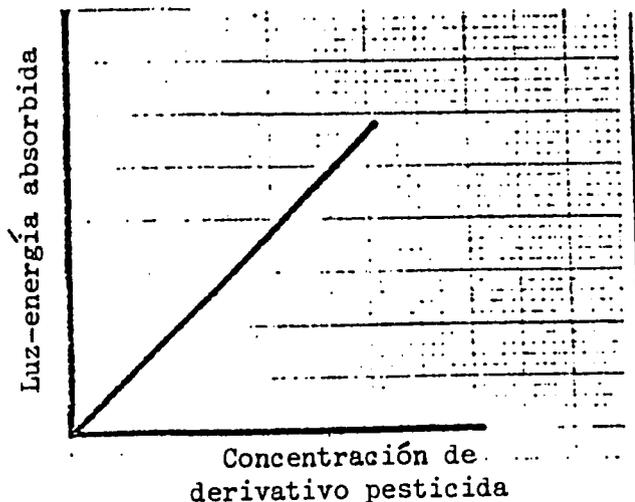
Cromatografía de gas se ha convertido indudablemente como el procedimiento más importante usado en el análisis de residuos de pesticidas. Procedimientos espectrofotométricos son también de algún uso y esos dos procesos serán discutidos.

1. Análisis espectrofotométricos o Colorimétricos. La mayoría de pesticidas son sin color en que ellos no absorben luz-energía en el rango visible. Sin embargo, grupos funcionales en algunos moléculas pesticidas pueden hacer posible convertir la molécula en un derivativo coloreado que absorbe luz-energía en el rango visible. Usando un espectrofotómetro un espectro de absorción--luz absorbida como una función de longitud de onda--es determinada para el derivativo. Usando luz de una longitud de onda de la máxima absorción del derivativo y soluciones de concentración conocida, una curva estándar se deriva colocando luz-energía absorbida como una función de concentración.

La solución conteniendo el residuo de pesticida es procesada en la misma manera como la muestra estándar, el derivativo coloreado formado, y la absorción de la solución medida. Comparación de este valor con la curva estándar da la concentración de pesticida en el extracto. Consideración de factores de dilución y la masa de la muestra da el nivel de residuo en la muestra.



CURVA DE ABSORCIÓN



CURVA STÁNDAR

Procedimientos espectrofotométricos son relativamente simples y pueden ser muy satisfactorios. La principal desventaja son limitaciones en sensibilidad y problemas de interferencia de material de muestra extraño no removido en el proceso de limpieza.

2. Procedimientos Cromatográficos. Cada sistema cromatográfico consiste de:

- a. Una fase estacionaria adsorbente--sólida o líquida revestido en un sólido y
- b. Una fase movible--líquida o gas.

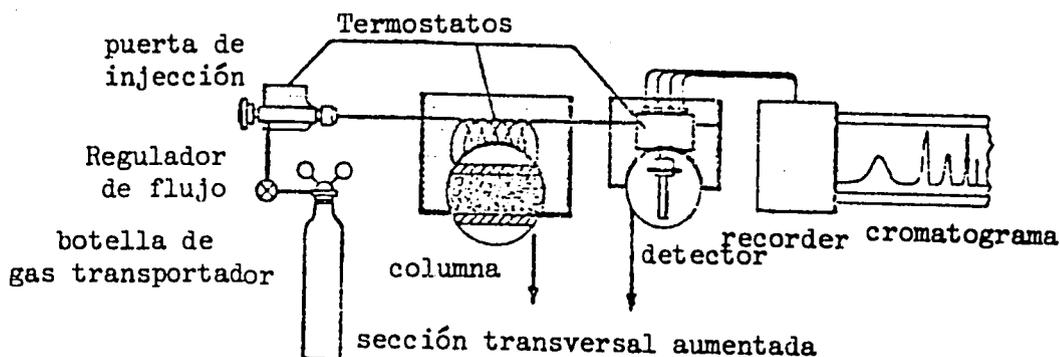
Muestras son incorporadas en la fase movible y la separación de compuestos depende en diferencias en la manera en que los compuestos son distribuidos entre las fases movibles y estacionarias. La más fuertemente adsorbida se moverá más lentamente.

(1) Cromatografía de lámina-delgada. Una fina lámina del adsorbente (fase estacionaria) junto con un substancia aglutinante se extiende en una placa de vidrio. La muestra es aplicada como una pequeña mancha sobre un lado del plato el cuál es sumergido en un líquido. La separación se logra por el líquido subiendo el plato por acción capilar. Después de que el frente solvente se ha movido una distancia suficiente el plato es removido del solvente, secado, y tratado con reactivos para hacer los compuestos visibles. La distancia que el compuesto viaja relativa al frente solvente es característica del compuesto.

Estos procedimientos pueden proveer buena información cualitativa lo mismo que aproximaciones cuantitativas aproximadas. En un número de casos cromatografía de lámina delgada provee un efectivo proceso de limpieza.

(2) Cromatografía de Gas-Líquido. Esta técnica es evidentemente el proceso más efectivo y ampliamente usado en análisis de residuo de pesticida. La fase estacionaria es un líquido de alto punto de ebullición dispersada sobre un sólido y la fase móvil un gas inerte. Variaciones en la capa de líquido provee gran flexibilidad en los tipos de separaciones que pueden ser logradas.

La fase líquida estacionaria puede ser revestido en la pared interior del tubo capilar o partículas finamente divididas de un sólido inerte el cual es entonces empacado en una columna de cerca de 3-6 mm en diámetro. Esta columna se guarda en un horno cuya temperatura es controlada. La entrada es conectada a un cilindro conteniendo el gas transportador y la salida al detector. La muestra se inyecta a través de un septo en la entrada y es detectado cuando emerge de la columna, dando un pico simétrico en el registro. Para un dada sistema temperatura y adsorbente, el tiempo para el compuesto emerger (tiempo de retención) es característico del compuesto y el área o altura del pico es proporcional a la concentración.



Dibujo Esquemático de un sistema de cromatografía de gas

La efectividad inusual de este método depende en los sensitivos detectores los cuales responden a los compuestos cuando se mueven de la columna. Los detectores están calibrados con soluciones de concentración conocida y el nivel de pesticida en un extracto desconocido es determinado por referencia a la curva de calibración.

El detector de ionización de llama es simplemente una pequeña llama de hidrógeno a través de la cual la muestra pasa luego de emerger de la columna. La ardiente llama produce iones, generando una pequeña corriente la cual es amplificada y grabada en una cinta registradora. Por contraste con un detector de captura de electrones (EC), un elemento radioactivo ^3H o ^{65}Ni se usa para generar corriente.

Electrones del elemento radioactivo interactúan con el transportador de gas produciendo más electrones libres los cuales proveen la corriente. Este detector responde a compuestos emergiendo de la columna la cual puede absorber electrones y consecuentemente reduce la corriente.

Características de estos dos detectores son:

	<u>Responde a</u>	<u>Límites de detección - g</u>	<u>Comentarios</u>
Ionización de flama	compuestos de carbono	10 ⁻⁹ - 10 ⁻¹⁰	Relativamente libre de problemas, no selectivo
Captura de electrones	Compuestos que absorben electrones, compuestos conteniendo cloro, aromáticos	10 ⁻¹¹ - 10 ⁻¹²	Selectividad mejorada, muy sensitiva, difícil de operar

Otros dos detectores que tienen uso en análisis de residuo de pesticidas son el detector microcoulométrico que es específico para compuestos que contienen cloro, y el detector de llama fotométrico que es específico para compuestos que contienen fósforo o azufre. Con el detector microcoulométrico los compuestos emergiendo de la columna se queman en un horno; compuestos que contienen cloro producen cloruro de hidrógeno que es determinado en una célula electroquímica sensitiva al ion cloruro. Una llama de hidrógeno se usa en el detector de llama fotométrico para excitar los compuestos moviendo de la columna. En contraste con el detector de ionización de llama, es la luz emitida la cual es medida en vez que la corriente producida. La energía luz se mide por un sistema fotomultiplicador y filtros se usan para seleccionar longitudes de onda específicas para fósforo o azufre. Ambos detectores son sensitivos en el rango de nanogramos.

Toma una cantidad considerable de experiencia con un cromatógrafo de gas para ser capaz de obtener información confiable con alguna consistencia. Tanto el funcionamiento de la columna como la respuesta del detector son influenciadas en una manera compleja por variables operando. Mantenimiento continuo de los componentes electrónicos de tanto el sistema detector como el registrador asociado es también necesario para funcionamiento óptimo.

D. Muestreo e Integridad de Muestra

Los procedimientos analíticos más refinados pueden ser usados y la información analítica más precisa obtenida; sin embargo, a no ser que los procedimientos de muestreo sean adecuados y la muestra manejada en una manera correcta, esta información analítica será de poco uso. Primero, es necesario tomar una muestra que sea representativa del material que se va a analizar. Y, segundo, una vez que la muestra

se ha tomado es esencial que sea manejada en tal manera que la muestra no se deteriore. Por ejemplo, se ha hecho bien conocido que muestras de agua tomadas en botellas plásticas pueden dar resultados erróneos porque los químicos en las muestras se pueden ligar al recipiente plástico; como consecuencia el químico no se detecta. Muestras de tejidos deben congelarse para eliminar cualquier desdoblamiento metabólico posible, y aún bajo esas condiciones se ha demostrado que hay algún potencial para la conversión de un pesticida a alguna otra forma.

Cuando se analiza para residuos de pesticidas es necesario siempre analizar un testigo sin tratar para establecer el tipo de interferencia que una muestra particular proporcionará. Esto nos hace pensar en el problema de analizar el pesticida en el ambiente. Esto presenta un problema algo diferente en que una muestra control no es disponible, y así para establecer la presencia de un residuo de pesticida particular en tal muestra requiere procedimientos más rigurosos que el análisis de algún producto para residuo de pesticida cuando se sabe que el pesticida ha sido usado en ese producto. Es necesario usar procedimientos más inequívocos para establecer la identidad de los componentes en la muestra ambiental, y uno tiene que usar otras técnicas las cuales suplementarán la información obtenida por cromatografía de gas.

E. Efectividad de Procedimientos Analíticos

El desarrollo de procedimientos analíticos para residuos de pesticidas ha sido muy rápido, y con la introducción de cromatografía de gas y el desarrollo de sistemas detectores muy sensitivos, procedimientos altamente sensitivos son disponibles para la mayoría de los pesticidas usados presentemente. Una indicación de las capacidades de esos procedimientos se resume en la tabla acompañante, donde la sensibilidad de esos procedimientos se da para un número de compuestos pesticidas algo comunes. Se debe enfatizar que esta área de análisis es algo especializada y requiere personal técnico competente que entienda la química de los procedimientos que están siendo usados, lo mismo que las capacidades y limitaciones de los instrumentos que son usados en los procedimientos analíticos.

Algunos Niveles de Detección Para Pesticidas
en Diferentes Muestras

Pesticida	Nivel de Detección* (ppb)	Procedimiento Analítico	Muestra
DDT	10	G.C. captura de electrón	Tejido adiposo
	0.2	"	Agua
Endrín	20	"	Tejido adiposo
	0.2	"	Agua
Malatión	10	G.C. llama fotométrica	Frutas, verduras
	1.4	"	Agua
Etil paratión	10	"	Frutas, verduras
	1.0	"	Agua
Carbaril	100-200	Espectrofotométrico	Fruta, grano, heno
PCP	10	G.C. captura de electrón	Suero de sangre
2,4-D ácido y éster	0.2	"	Cítricos, Agua
	100	G.C. microcoulométrico	Hierba, Leche
Simazine	50-100	Espectrofotométrico	Fruta, verdura
	10	"	Agua
Paraquat	10	"	Papas
	50	"	Leche, Carne

* Estos valores son para dar una indicación del mínimo nivel de sensibilidad. Este valor podría ser incrementado si la muestra diera considerable interferencia, o disminuido si precauciones especiales se siguen.

QUIMODINAMICA

por

Virgil H. Freed, Ph.D.
Departamento de Química Agrícola
Universidad de Oregon State
Corvallis, Oregon, U.S.A.

Introducción

En el último cuarto de siglo, el hombre ha introducido una variedad de químicos para la protección de sus cultivos y salud y para aumentar el confort de su ambiente. Esos químicos representan varias clases de compuestos y son usados como pesticidas, drogas, surfactantes, y para una variedad de otros propósitos. Recientemente el miedo de contaminación ambiental de ciertos compuestos estables usados como pesticidas ha llevado a la restricción de sus usos. Es verdad que residuos de pesticidas han sido ampliamente distribuidos en cultivos, suelos, agua, pájaros, peces, y aire cerca de los lugares de uso. El entendimiento de cómo esta distribución ocurre y la suerte del químico en relación a la exposición del hombre es de importancia en suministrar conocimiento en cómo usar químicos con más seguridad.

Estudios han provisto un entendimiento del emergente campo de "quimodinámica" la cual demuestra la relación de principios físicos-químicos al comportamiento y suerte de químicos en el ambiente. Mientras la mayoría de los ejemplos usados tratan primariamente con químicos agrícolas (pesticidas) los mismos principios aplican igualmente a otros compuestos orgánicos similares. Efectivamente uno de los beneficios

provenientes de la investigación en pesticidas es el desarrollo de conocimiento de "quimodinámica" y toxicología que es aplicable a todos los contaminantes orgánicos.

Básico a quimodinámica son las preguntas: 1) ¿Cuál es la naturaleza y propiedades de los compuestos bajo consideración? 2) ¿Cuál es la manera en la cual las propiedades del compuesto y del ambiente afectan uno a otro mutuamente para influir la suerte y comportamiento del químico? 3) ¿A que grado esto determina la cantidad de químico al cual el hombre y organismos son expuestos? Estas son las características principales en las cuales el presente relato de investigación química será basado.

Químicos usados como pesticidas representan una amplia variedad de compuestos. Ellos son agrupados de acuerdo al propósito para el cual son usados, por ejemplo insecticidas para control de insectos y ácaros, herbicidas para control de malezas, y fungicidas para control de hongos. Entre las características de los pesticidas son que ellos son generalmente compuestos orgánicos de peso molecular bajo y con baja solubilidad en agua usualmente. Sin embargo, algunos compuestos inorgánicos y organometálicos son también usados como pesticidas.

A fin de contestar la pregunta acerca de qué pasa al químico cuando se introduce en el ambiente, uno tiene que tener un entendimiento de la naturaleza del ambiente mismo. Las fases fundamentales del ambiente son: tierra (litósfera), agua (hidrósfera), aire (atmósfera), y biota (biósfera). Una estimación aproximada de la masa de las varias fases produce lo siguiente: (1) atmósfera 5.3×10^{18} Kg, (2) suelo hasta una profundidad de 6 pulgadas 1.1×10^{17} Kg, (3) agua 1.3×10^{21} Kg, (4) animales 2.0×10^{13} Kg, y plantas 1.1×10^{15} Kg. Cuando un químico

es liberado en el ambiente, será distribuido (dividido) entre las varias fases con la concentración en cualquier fase siendo una función tanto de las propiedades del químico como de la fase (Fig. I). Aplicando la simple

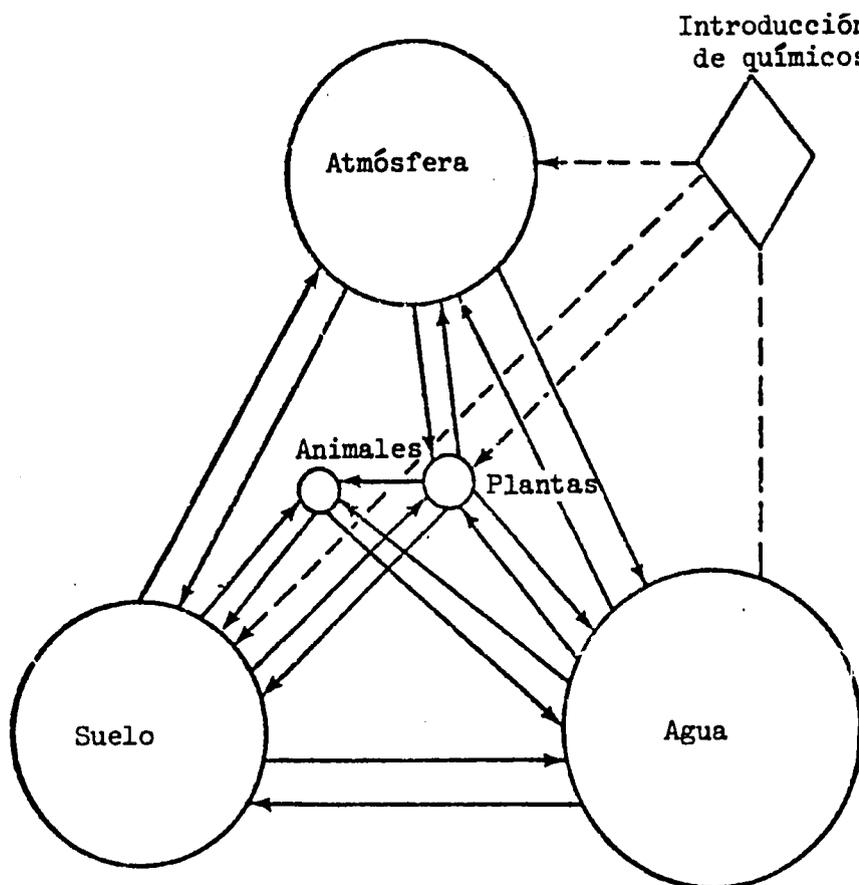


Figura I

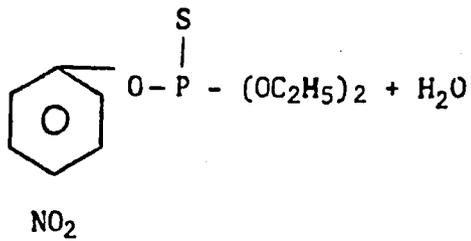
ley de distribución de Boltzmann a este sistema complejo tenemos la ecuación siguiente:

$$N_{ij} = N_0 e^{-\epsilon_{ij}/k T}$$

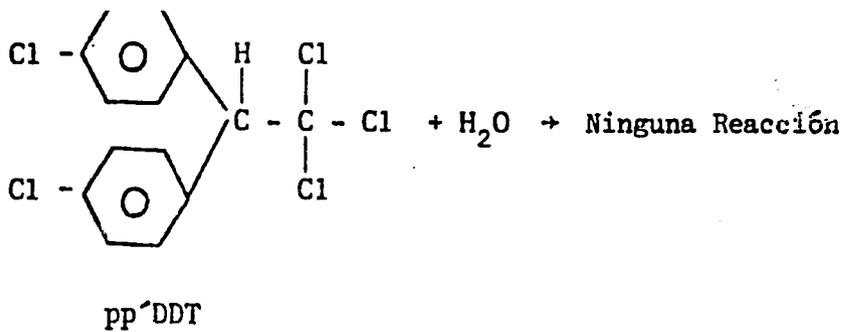
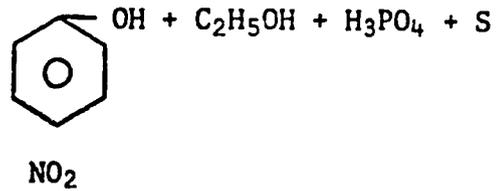
Si asumimos que $N_{ij} = N_{ji}$, $N_{ij} = 0$ cuando $i = j$ y $N_0 = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5$, donde N_0 es el número de moléculas del químico inicialmente

introducido y $N_1 \dots N_5$ son el número de moléculas en las respectivas fases del ambiente. En la ecuación anterior E representa la barrera de energía entre dos fases, K representa la constante de Boltzmann y T representa la temperatura absoluta. Para entender el comportamiento de un químico en los cinco componentes anteriores, uno debe tener un conocimiento detallado de las propiedades físicas y químicas del químico. En este capítulo trataremos de discutir los principios que gobiernan el comportamiento del químico en la atmósfera, agua, suelo y biota. La descomposición de químicos por varios mecanismos también será cubierta. Mientras alguna matemática abstracto y química se usan en el estudio de esta materia, los hallazgos son de gran importancia práctica como lo trataremos de demostrar. Con la aplicación de los principios desarrollados en quimodinámica, podemos hacer una selección más inteligente del pesticida a usar, desarrollar métodos de aplicación que ahorren dinero y evitar algunos de los problemas de residuo más serios.

La información básica que es necesaria para lograr estas cosas son datos en las propiedades del químico incluyendo tales cosas como solubilidad en solventes diferentes y a temperaturas distintas, qué rápidamente se vaporizan y cómo reaccionan con suelo, superficies de plantas o insectos. La composición y estructura del químico también nos dice que tipo de reacciones puede afectar, y de aquí en algún grado que tan persistente el químico puede ser. Por ejemplo, en suelo el químico está expuesto a la humedad del suelo (agua). Sabemos que químicos de cierta estructura y composición reaccionarán con agua siendo degradados en el proceso mientras químicos de otra estructura no reaccionan. Esto puede ser ilustrado por la reacción de un organofosfato (paratión) con agua al contraste de la inactividad de DDT hacia agua.



Paratión



pp' DDT

El mismo tipo de información acerca del químico puede asistir en desarrollo de formulaciones para lograr los resultados más seguros y efectivos con un químico particular. Mucha de esta información puede ser adquirida a través de experiencia con un químico en el campo pero esto toma mucho tiempo y es costoso. Afortunadamente con algunos simples experimentos de laboratorio somos capaces de obtener una gran parte de la información que necesitamos acerca de un químico en particular y usarla como guía para uso más efectivo.

Fundamentos de Quimodinámica

Toda la investigación para obtener esta información requiere un respaldo de química, pero no requiere un químico para entender los

principios básicos y aplicarlos. Los fundamentos son algo simples y lógicos. Estos principios pueden resumirse brevemente con las siguientes declaraciones.

1. El comportamiento, efectos biológicos y persistencia de un químico resultan de la interacción de ese químico con la biota o algún elemento del ambiente.
2. El tipo y extensión de la interacción depende en parte de las propiedades medibles del químico.
3. La mayoría de las reacciones no metabólicas del químico son en grado variable reversibles.
4. Conociendo algo de la naturaleza de las interacciones y las propiedades de los químicos uno puede predecir al menos en un modo aproximado el comportamiento y efectos biológicos de un químico.

Para ilustrar la aplicación de estos principios, tomemos un químico tal como paratión usado bajo condiciones semitropicales. Aún sin el beneficio de experiencia de campo con este químico, con propiedades que podrían ser determinadas en el laboratorio, nosotros predeciríamos:

1. Su adsorción por e interacción con suelo, hojas de plantas y vida animal.
2. Desdoblamiento del químico por hidrólisis y reacciones fotoquímicas resultando en un reducido período de control.
3. Vaporización del químico con pérdida de actividad.
4. Necesidad de repetida aplicación para mantener control de insectos.
5. Algo amplia distribución ambiental a niveles bajos pero probablemente suficiente para causar desarrollo de resistencia en algunos insectos no blanco.

Esas predicciones son grandemente negativas desde el punto de vista de control económico de plagas así que la pregunta resulta acerca si es posible o no hacer algo acerca de esto. Basado en esta información sería posible idear formulaciones y métodos de uso para lograr un uso más seguro y efectivo del químico.

Importancia de Propiedades Químicas

Ahora, déjenos examinar brevemente algunos de los factores en el comportamiento de pesticidas así como los usamos ahora. Reconocemos que cada químico es único en que cada uno tiene propiedades químicas y biológicas particulares diferentes de cualquier otro químico. Debe añadirse, sin embargo, que esas propiedades tienden a seguir formas que hacen predicciones posibles. Ciertas de estas propiedades son de valor para entender las quimodinámicas del compuesto y predecir su comportamiento. Algunas de estas propiedades son fácilmente medibles en el laboratorio y son las más útiles para estimar las ventajas y desventajas de un químico como pesticida. Por ejemplo, la solubilidad de un químico es particularmente importante. Conociendo la solubilidad puede indicar como la sustancia debe ser formulada para aplicación ya como un concentrado emulsificable, polvo mojable o alguna otra manera. La solubilidad en agua, si se mide a varias temperaturas, es muy útil diciéndonos si el químico será fuertemente adsorbido por el suelo y otro material sólido, reduciendo así su efectividad o prolongando su persistencia. Similarmente, un conocimiento de la solubilidad de un químico en aceite u otros solventes como comparados a agua (actualmente coeficiente de partición) puede decirnos si es posible o no que tienda a acumularse como un residuo en planta y animal.

La tendencia de un químico a volatilizarse o convertirse en vapor es importante, particularmente donde las temperaturas tienden hacia el lado caliente como en los trópicos. Vaporización significa una pérdida de depósito para control de las plagas particulares, y también significa contaminación considerable del aire. Esta contaminación resulta en exposición de animales y humanos la cual es indeseable.

Otras propiedades que son de interés e importancia para proveer guías acerca de como usar el químico más efectivamente, incluyen el tipo de reacciones que el químico sufrirá y adsorción por el suelo o ligamiento por constituyentes en la planta o animal. Como el conocimiento de esas propiedades pueden tener aplicación práctica será ilustrado en las secciones acerca de adsorción, infiltración, comportamiento de vapor y desdoblamiento.

Adsorción

Cuando un pesticida se asperja en un campo, principalmente la gran mayoría se sedimenta en las hojas de las plantas y el suelo. Experimentos han demostrado que la mayoría del químico últimamente llega al suelo. Tanto las hojas de las plantas como el suelo representan una superficie sólida al químico. La fortaleza de esta interacción (adsorción) depende en gran parte de tanto las propiedades del químico como de la superficie que él encuentra. Por ejemplo, el suelo está compuesto tanto de materia orgánica como de partículas de arcilla, arena, y limo. Todos estos son superficies sólidos, pero la materia orgánica del suelo se ha hallado que adsorbe mucho más químico por unidad de peso que los otros constituyentes del suelo.

La cantidad de químico adsorbido o ligado por cualquiera de las superficies mencionadas, varía dependiendo del químico envuelto. A una primera aproximación, uno puede decir que a más baja solubilidad en agua del químico la más grande cantidad será adsorbida. Sin embargo, una observación más cercana del fenómeno de adsorción muestra que es más complejo que esto. Una mejor relación a la cantidad de químico ligado y la fortaleza con la cuál es adsorbido se encuentra en la cantidad llamada

"calor de solución." Esto puede ser ilustrado en la siguiente tabla de datos la cual reporta tanto el "calor latente" de solución (ΔH) como el porcentaje del químico disponible adsorbido de experimentos en el laboratorio.

<u>Químico</u>	<u>ΔH</u>	<u>% Adsorbido</u>
DDT	13.	► 92
Cichlorbenil	2.8	48
CIPC	4.9	50
Monuron	6.0	64
DCPA	12.4	88
Dicamba	1.9	◄ 40

Esta es una cantidad que es calculada de la solubilidad a varios temperaturas y una vez determinada permite estimaciones de la fuerza de ligamiento y de aquí la susceptibilidad del químico a percolar y desdoblarse.

Hay ocasiones en donde se puede tomar ventaja de la adsorción para extender la vida efectiva de un pesticida o contrariamente a reducir la toxicidad residual. Un ejemplo de este último caso es donde carbón o carboncillo se usa como un antídoto para residuo o envenenamientos.

Adsorción es un fenómeno muy importante en el uso de pesticidas. Como ya indicado, mucho del pesticida es adsorbido por superficies de planta y suelo y esto puede modificar la actividad. Adicionalmente, adsorción regula la percolación o movimiento del compuesto por agua, y su pérdida del suelo por vaporización. Hay indicación también que adsorción juega un papel en la velocidad a la cual el químico se desdobla. Es decir lo más fuertemente adsorbido el material, lo más baja la velocidad inicial de desdoblamiento. Es importante entender que la adsorción o ligamiento de un químico por una superficie sólida es un proceso que va en ambas direcciones, es decir es un proceso reversible. Debido a esta

reversibilidad la mayoría de químicos se percolarán, al menos en algún grado, cuando el agua se mueve a través del perfil del suelo. Si, por ejemplo, es un químico que es muy debilmente ligado al suelo, lluvia puede llevarlo más profundamente en el suelo. Al contrario con un químico que es fuertemente ligado por todos los constituyentes del suelo tal como DDT, el químico será llevado en el suelo solamente por una corta distancia aún por grandes cantidades de agua.

Percolación

Percolación por supuesto es mucho más un problema con un pesticida que es aplicado al suelo que uno aplicado a un cultivo. No obstante porque mucho del químico llega al suelo, sin considerar el propósito de aplicación, el movimiento a través del suelo debe ser considerado. Si el químico es llevado dentro del suelo, puede permanecer allí como un residuo que puede contaminar un cultivo subsecuente, o si es un químico altamente movible puede ser percolado dentro del agua subterránea y últimamente llegar a arroyos.

En un dado tipo de suelo, las propiedades del químico son muy importantes en relación a percolación ya que esas propiedades determinan cómo estrechamente el químico puede ser adsorbido. Por ejemplo, los insecticidas hidrocarburos clorinados tales como DDT, aldrín, dieldrín, y heptacloro por virtud de su baja solubilidad en agua y fuerte adsorción son percolados pero muy poco. Algunos de los fosfatos orgánicos tales como paratión son percolados algo mejor que los hidrocarburos clorinados pero aún ellos no son altamente móviles. Al contrario, hay ciertos tipos de pesticidas que son solamente pobremente adsorbidos por el suelo y son muy solubles en agua la cual se mueve muy libremente en el suelo. Esto es particularmente cierto de algunos de los herbicidas.

La tabla siguiente demostrando la percolación de ciertos químicos de propiedades físicas diferentes ilustra estos puntos.

<u>Químico</u>	<u>Tipo de Suelo</u>	<u>Pulgadas de H₂O</u>	<u>Profundidad de Concentración Máxima (Pulgadas)</u>
Ácido tri-clorobizoico	Marga	3	12.0
Monuron	Marga	3	2.0
	Arcilla	3	1.75
Simazino	Marga	12	1.0

Volatilidad

Anteriormente mencionamos la materia de vaporización o volatilización de pesticidas. Esto es la tendencia del químico a cambiar de un estado sólido o líquido a gaseoso. En ciertos casos, esta tendencia es ventajosa. Como, por ejemplo, en el uso de propoxur, para control de mosquitos en casas o uso de fumigantes de espacio. Al contrario, donde uno quiere tener un depósito residual de un químico para control de plagas, vaporización puede resultar en pérdidas sustanciales, reduciendo así la longitud del período de control y la efectividad del tratamiento. Donde vaporización es un problema, en lo referente a control, modificación de formulación o el uso de aditivos pueden a menudo reducir la velocidad de pérdida.

Casi todas las sustancias conocidas tienen una tendencia a vaporizarse. Con los pesticidas orgánicos uno encuentra una amplia variación en la tendencia con algunos compuestos teniendo una presión de vapor relativamente alta comparado a otros. En general, la velocidad

de vaporización aumenta así como la temperatura aumenta, aunque humedad y otros factores, por ejemplo, adsorción, pueden modificar la velocidad de la posible teórica.

Desdoblamiento

Una de las importantes consideraciones de la suerte y comportamiento de un químico en el ambiente y su efectividad como pesticida es la manera y la velocidad a la cual se desdobla. Todos los pesticidas orgánicos se desdoblan bajo la influencia de las varias fuerzas biológicas y físicas en el ambiente. Para algunos compuestos, la degradación por medios biológicos, es decir metabolismo por plantas y microorganismos es el más importante. Otros compuestos se desdoblan a través de reacciones químicas normales, ejemplos de los cuales incluyen la hidrólisis de paratión por la humedad en el suelo. La velocidad a la cual el químico se desdoblará o será metabolizado es dependiente en parte en la naturaleza del químico, las reacciones que sufre, las condiciones tales como temperatura y humedad, y por supuesto, la cantidad inicial o concentración del químico. Por ejemplo, mientras paratión se desdobla muy rápidamente en el suelo a proporciones de uso normales, persistencia del químico es muy prolongado donde cantidades excesivas se colocan en el suelo.

Un mecanismo de desdoblamiento de pesticidas, la importancia del cual nosotros ahora solamente empezamos a apreciar, es aquel de las reacciones fotoquímicas. Probablemente una de las razones de la relativa corta vida residual de paratión, es el hecho que es decompuesto por los rayos del sol. Esta reacción indudablemente ocurre en la hoja de la planta tanto como después de que el paratión se ha vaporizado en la

atmósfera. De nuevo, la aplicación práctica de tal conocimiento es que podemos diseñar formulaciones para reducir la degradación fotoquímica.

Resumen

En el curso de estas consideraciones, ha sido mencionado un número de factores relacionados a como los químicos se comportan en el ambiente y notado que es posible modificar algo de este comportamiento por una técnica propia de formulación o aplicación. Si la información es propiamente utilizada puede resultar en control de plagas más efectivo a un costo más bajo, evitar algunos de los problemas de residuo más serios, y prevenir exposición humana innecesaria. Muchos de los datos requeridos para hacer esto pueden ser obtenidos por estudios de laboratorio algo simples y rápidamente hechos. Aunque estos puede que no den la respuesta final y más precisa, puede ser muy importante en el desarrollo de guías y prácticas de mejor manejo de pesticidas. Aún aproximaciones crudas de los valores de ciertos de estos parámetros pueden ser útiles para guiar selección, formulación y uso de químicos. La tabulación final provee "índices" quimodinámicas de unos pocos pesticidas comúnmente usados los cuales podrían ser de utilidad en manejo y uso.

COMPORTAMIENTO AMBIENTAL COMPARATIVO DE PESTICIDAS EN SUELO.¹

Compuesto	Indice de Vaporización ² (del suelo)	Indice de Percolación ³
Herbicidas		
Alachlor	3.0	1.0-2.0
Propanil	2.0	1.0-2.0
Trifluralin	2.0	1.0-2.0
Dalapon-Na	1.0	4.0
MCPA (ácido)	1.0	2.0
2,4-D (ácido)	1.0	2.0
2,4,5-T (ácido)	1.0	2.0
Insecticidas		
Carbaril	3.0-4.0	2.0
Malatión	2.0	2.0-3.0
Naled	4.0	3.0
Dimethoate	2.0	2.0-3.0
Fentión	2.0	2.0
Diazinon	3.0	2.0
Etión	1.0-2.0	1.0-2.0
Oxydemeton-metil	3.0	3.0-4.0
Azinofosmetil	-	1.0-2.0
Fosfamidon	2.0-3.0	3.0-4.0
Mevinfos	3.0-4.0	3.0-4.0
Metil paratión	4.0	2.0
Paratión	3.0	2.0
DDT	1.0	1.0
BHC	3.0	1.0
Chlordane	2.0	1.0
Heptacloro	3.0	1.0
Toxafene	4.0	1.0
Aldrín	1.0	1.0
Dieldrín	1.0	1.0
Endrín	1.0	1.0
Fungicidas		
Captan	2.0	1.0
Benomil	3.0	2.0-3.0
Zineb	1.0	2.0
Maneb	1.0	2.0
Mancozeb	1.0	1.0

¹Estimado de la información mejor accesible por suelo marga a 25°C bajo una precipitación anual de 150 cm.

²Un número índice de vaporización de 1 = pérdida de vapor menos que 0.1 kg/ha/año, 2 = de 0.2 a 3.0 kg/ha/año o más, 3 = 3.5 a 6.5 kg/ha/año o más, y 4 = 7 a 14 kg/ha/año o más.

³Un número índice de percolación indica el número aproximado de centímetros desplazado por el perfil de suelo con una precipitación anual de 150 cm; así, un índice de 1 = <10 cm, 2 = <20 cm, 3 = >35 cm, y 4 = >50 cm.

APLICACIÓN DE PESTICIDAS

Wesley E. Yates
Profesor de Ingeniería Agrícola
Universidad de California
Davis, California

Introducción

En las dos décadas pasadas los pesticidas han emergido como un importante herramienta tanto en producción agrícola como en programas de salud pública. Mas de un billón de libras de pesticidas activos se usaron en los Estados Unidos en 1971. Aplicaciones de herbicidas han aumentado más rápidamente, el uso de agricultor aumentando el doble de 1966 a 1971. En 1971 los agricultores usaron 228 millones de libras de herbicidas, 170 millones de libras de insecticidas, y 41 millones de libras de fungicidas.

Considerando la escasez mundial tanto de energía como de alimentos es imperativo que la eficiencia de la producción de alimentos sea aumentada. Yo creo que buenos programas de manejo de plagas serán un mayor factor en el aumento de futura producción de alimentos. Como un ingeniero, yo quisiera señalar que tecnología de aplicación es un eslabón clave en eficiente utilización de pesticidas.

Este artículo discute algunos de los principios de aplicación de pesticidas, con el propósito principal de maximizar efectividad y minimizar peligros. En general, técnicas que pueden mejorar deposición de pesticidas en el blanco también reducirán peligros.

Seguridad del Trabajador en Manejo y Mezcla

A. Etiqueta del pesticida.

Una regla básica para manejo seguro de pesticidas es conocer el producto. Un método de proveer información esencial para el usuario es a través de la etiqueta. Todos los envases de pesticidas en los Estados Unidos deben tener una etiqueta con cierta información estándar. Para nombrar unas pocas, la etiqueta debe contener el nombre del producto, el nombre y porcentaje de ingredientes activos, las direcciones para uso y ciertas palabras indicativas denotando la toxicidad. Cada producto se clasifica en una categoría dada de toxicidad basada en la LD 50 o LC 50 del producto formulado. Por ejemplo, las palabras: "Peligro," "Veneno," y el símbolo de una calavera con huesos cruzados debe aparecer en todos los materiales altamente tóxicos, y una "Precaución" aparece en materiales

de la categoría "2", y una "Advertencia" en materiales de la categoría "3". Durante el verano pasado, yo tuve oportunidad de visitar y observar algunos problemas de uso de pesticidas en unos pocos países en desarrollo. Un problema fue falta de etiquetas. En muchos casos el agricultor suministra una botella, lata de aceite u otro pequeño recipiente para ser llenado de un gran tambor de 55 galones en el centro de distribución de pesticida. Generalmente, ninguna etiqueta era disponible para los pequeños envases. En este caso sería deseable tener etiquetas apropiadas para amarrar que podrían ser amarradas con alambre o de otra manera pegadas a los envases de los agricultores.

B. Mezcla y Manejo del químico concentrado:

Una de las operaciones más peligrosas para el aplicador de pesticidas es durante la transferencia y medida del concentrado químico en el tanque de aspersión. Si un material altamente tóxico se maneja, el trabajador debe usar equipo protector impermeable tal como: guantes, botas, delantal, respirador y anteojos de seguridad. Estas partes deben examinarse rutinariamente para agujeros o desgarramientos, y limpiados regularmente. Dos problemas básicos se han observado en el campo. Uno, el operador, puede necesitar más entrenamiento en todos los modos de entrada del pesticida. Por ejemplo, el aplicador puede utilizar un respirador mientras mide pesticida líquido concentrado con manos y pies desnudos, sin darse cuenta que muchos pesticidas tóxicos pueden ser rápidamente absorbidos a través de la piel. Segundo, en adición al entrenamiento, apropiada vestimenta protectora debe ser disponible si él maneja materiales altamente tóxicos.

En 1974, un estudio conjunto fue conducido por los Departamentos de Alimentos y Agricultura y Salud de California para determinar la extensión de enfermedad debida a pesticidas en cada una de las varias categorías ocupacionales. Table 1 resume los resultados. Las dos categorías más altas de enfermedad reportadas fueron: aplicadores terrestres, dando 28% de las enfermedades, y mezcladores-cargadores, con 11% de las enfermedades. Estos datos, con otras observaciones de campo, fueron considerados en el desarrollo de un nuevo grupo de regulaciones de seguridad para trabajadores con pesticidas. Las regulaciones cubren un amplio grado de requerimientos en lo referente a edad mínima, entrenamiento, supervisión médica, procesos operacionales, equipo protector, modificaciones al equipo, etc. Yo solamente discutiré brevemente los requerimientos para un sistema de mezcla cerrado.

Para enero 1977, las regulaciones en California requerirán que "un Sistema de Mezcla Cerrado" sea utilizado para manejo de pesticidas líquidos de la categoría 1 (algunos de la categoría 2). Esta regulación requiere un sistema que pueda transferir el pesticida de su envase original a un tanque de mezcla cerrado sin exponer ninguna persona al pesticida. Figs. 1 a 4 ilustran algunos enfoques a "Sistemas de Mezcla Cerrados." Fig. 1 ilustra un sistema de manejo masivo que ha sido utilizado por algunos aplicadores aéreos. Este tipo de sistema es apropiado para áreas donde grandes cantidades de unos pocos químicos se aplican. En algunas áreas tanques de gran tamaño de algunos miles de galones se utilizan. Fig. 2 ilustra un sistema simple desarrollado por algunos distritos de abatimiento de mosquitos en California. El sistema

consiste de un simple sistema cerrado de flujo por gravedad para transferir el químico en una vasija translúcida. Este sistema podría posiblemente ser adaptado para dispensar pesticidas de tambores grandes a envases más pequeños adecuados para uso por los pequeños agricultores. Fig. 3 es un sistema portable desarrollado por un operador de aeroplano comercial. Este sistema ha sido refinado para también jugar el envase de pesticida luego de que está vacío. La unidad está actualmente siendo probada en el campo y puede estar comercialmente disponible en el futuro cercano. Fig. 4 ilustra un sistema cerrado para manejo de polvos secos que fue desarrollado por el Dr. G. Carman y R. C. Metcalf en la Universidad de California, Riverside. Este sistema cerrado fue diseñado para manejar envases preempacados de polvos mojables tóxicos.

Algunas nuevas técnicas de empaque están en desarrollo que podrían ofrecer una mejora genuina para el manejo y carga de pesticidas tóxicos en aspersoras de espalda pequeñas. Al presente, varias compañías están trabajando en paquetes solubles en agua. Por ejemplo, el pesticida podría ser preempacado en la cantidad requerida para una aspersora de tres galones. El aplicador podría entonces poner la unidad dentro de la aspersora y estar lista para asperjar sin exposición al concentrado químico. Otro sistema que es muy atractivo es formulaciones microencapsuladas. Este sistema proporciona una lamina sólida inerte alrededor de cada partícula del pesticida. Así esta formulación puede sustancialmente reducir el peligro de exposición del aplicador al pesticida. Formulaciones microencapsuladas de Metilparatión son disponibles ahora comercialmente.

Aunque algunos de los enfoques mencionados antes están en el estado experimental, algunos nuevos desarrollos ya están en el horizonte. Algunas de las mejoras en técnicas de manejo deben ser de ayuda particularmente en los trópicos donde es difícil usar vestidos impermeables en el calor.

Principios de Seleccionar y Operar Equipo de Aspersión Terrestre

A. Vestimenta y equipo protector. El tipo de equipo de aplicación y la toxicidad del químico grandemente dicta el tipo de equipo protector requerido. Con aspersoras sopladoras de espalda, se produce y emite al aire un espectro de gotas muy finas.

Así, si el material es altamente tóxico, el aplicador debe estar totalmente protegido con pantalones impermeables, abrigo, sombrero, guantes, y respirador. Yo me doy cuenta que hay algunos problemas reales usando este equipo en el calor. Puede entonces ser necesario usar un pesticida menos tóxico o una formulación menos tóxica, tal como una formulación microencapsulada como se mencionó antes. Otro enfoque es aplicarlo solamente en la mañana o tarde, cuando vestido protector puede ser usado. Con aspersoras de espalda con aire comprimido el problema de inhalación puede no ser serio, haciendo una máscara del tipo de gaza suficiente. Si el operador camina a través de la vegetación asperjada sin embargo, la exposición dermal sería probablemente alta y

vestimenta protectora sería esencial. alguna ventilación para el confort del trabajador puede ser obtenida usando un delantal de tipo partido.

B. Selección de Boquilla. Las boquillas cumplen tres importantes funciones: 1) miden el líquido, 2) atomizan el líquido, y 3) distribuyen el material sobre un área dada. Selección de boquilla debe basarse en todas las tres funciones mencionadas antes. Las boquillas deben relacionarse del propio tamaño para aplicar la cantidad deseada. Los otros puntos a considerar son el tamaño deseado de la gotita y tipo, uniformidad y amplitud de la forma de aspersión. Algunas de las diferentes modalidades disponibles son: cono vacío, cono sólido, y abanico plano. Básicamente, el grado de atomización es muy importante para eficiencia y peligros de arrastre. Los mayores factores que afectan tamaño de partícula son: tipo de boquilla, tamaño de boquilla, y presión de aspersión. Generalmente, un aumento en el ángulo del abanico, una reducción del tamaño en el orificio, y un aumento en presión de aspersión resulta en una reducción del tamaño de la partícula. Boquillas de inundación por flujo de gravedad pueden ser operadas con una cabeza de sólo dos pies, o menos de una libra por pulgada cuadrada. Esto produce una gota de gran tamaño y arrastre mínimo. Nosotros hemos usado este tipo de boquilla exitosamente para la aplicación de 2, 4-D para control de Convolvulus sp en viñedos. El sistema de flujo por gravedad puede ser usado en conexión con una aspersora de espalda. En este caso, el tanque puede ser fácilmente modificado para proveer una cabeza constante por medio de un apropiado tubo de toma de aire que se extiende al fondo del tanque. El sistema opera sin una bomba de aire ya que el líquido solamente fluye por gravedad con una cabeza constante mantenida entre el fondo de la toma de aire y la altura de la boquilla.

La forma o uniformidad de distribución es otro aspecto importante en selección y operación de boquilla. Generalmente, boquillas de abanico plano proveen una forma triangular o trapezoidal casi ideal que puede ser fácilmente igualado o sobrepuesto para obtener una forma de distribución casi uniforme. La óptima sobreposición dependerá del tipo de boquilla y presión de operación. Para un dado grupo de condiciones hay un óptimo espaciamiento de boquillas y altura aguilón. Una manera de determinar la altura óptima es poner un par de boquillas en un soporte de prueba en mesa con una depresión en forma de V y cilindros graduados para medir la forma de distribución.

Un importante aspecto de aplicación que no puede ser sobremarcado es la necesidad de calibrar el sistema para descargar la cantidad de químico deseado. Debido a que la calibración puede cambiar cuando las boquillas se desgastan, la calibración debe ser chequeada a intervalos frecuentes. Yo no voy a dar las fórmulas, pero cada supervisor de aspersiones debe saber como chequear la velocidad de flujo y la proporción final de aplicación por acre de su equipo. Muchos materiales tienen extremadamente críticos niveles de tolerancia: daño al cultivo si la velocidad de aplicación es demasiado alta e inefectiva si es demasiado baja.

Principios de Técnicas de Aspersión con Avión y Peligros de Arrastre

Aeroplanos agrícolas son básicos para muchos programas de control de plagas en agricultura, silvicultura y salud pública. Los Estados Unidos y Rusia son sin duda los mayores usuarios de aeroplanos agrícolas. Estadísticas disponibles muestran que hay 6,100 aeroplanos agrícolas en los Estados Unidos, tratando aproximadamente 42 millones de hectáreas por año. Rusia tiene aproximadamente 7,000 aeroplanos, tratando aproximadamente 75 millones de hectáreas por año. Estadísticas tomadas por el Centro Internacional de Aviación Agrícola en La Haya, los Países Bajos, indican que, aeroplanos son extensivamente usados en 61 países. Aunque muchos beneficios se atribuyen a aeroplanos, algunos problemas han resultado. Un problema básico es el arrastre o movimiento de aspersión fuera del área a tratar. Por ejemplo, arrastre de cantidades diminutas de ciertos pesticidas puede causar serio daño a gente vecina, cultivos, animales, o vida silvestre, o puede contaminar suministros de comestibles. Algunas técnicas para minimizar peligros de arrastre mientras se mantiene eficacia de tratamiento son como siguen:

A. Selección de boquilla y nuevos desarrollos. Control del tamaño de partícula es uno de los factores más importantes en control de arrastre de pesticidas. El tamaño y la densidad de la partícula determinan la velocidad terminal o velocidad de caída en aire en calma. Tabla 2 ilustra la velocidad terminal y distancia de arrastre teórico para un amplio rango de tamaños de partículas. La distancia teórica de arrastre se basó en una velocidad uniforme de viento de 5 mph, una altura de liberación de 15 pies y evaporación cero. Aunque las suposiciones son considerables, los valores hacen énfasis en la importancia de reducir el número de partículas muy finas. Desafortunadamente las boquillas más convencionales producen algunas partículas más pequeñas que 100 micrómetros en diámetro. Arrastre puede ser minimizado por selección apropiada de tipo de boquilla y orientación con respecto a la corriente de aire. Un nivel muy bajo de arrastre puede lograrse usando un orificio simple (sin centro) y dirigiéndolo hacia atrás con la corriente de aire. A 100 millas por hora, esto produce VMD de aproximadamente 900 micrómetros y ha sido usado satisfactoriamente para aplicaciones de 10 gpa de compuestos translocados tales como 2, 4-D. Otra boquilla común para uso en aplicaciones de insecticidas a 10 gpa es la boquilla D6-46 de cono vacío dirigida hacia atrás con la corriente de aire. Esta boquilla produce VMD de 450 micrómetros. Otra boquilla común para aplicaciones de insecticidas a bajo volumen es la boquilla D6-45 dirigida hacia abajo.

En comparaciones de caída de arrastre 1/2 milla en dirección a favor del viento en aplicaciones con aeroplano, el orificio D6 dio solamente 1/30 del arrastre obtenido con boquilla D6-45, y la D6-46 dio cerca de 1/3 de la D6-45.

Algunos nuevos conceptos de atomización y desarrollos pueden proveer un mayor adelanto para controlar arrastre de aspersión. Am Chem ha desarrollado el atomizador "Microfoil" que consiste de un "manifold" que tiene la forma de un plano aerodinámico con pequeños tubos (.013 pulgada D. I.) moldeados a un espaciado de 0.1 pulgada a lo largo

del borde trasero. El sistema produce un tamaño de gota muy uniforme de cerca de 900 micrómetros. El sistema es probablemente el mejor sistema comercial disponible para minimizar peligros de arrastre. Desafortunadamente es útil solamente en helicópteros o vehículos donde la corriente de aire no excede 60 mph. Nosotros estamos presentemente conduciendo investigación en algunas unidades experimentales designadas a producir una partícula de tamaño casi uniforme de 250 micrómetros. Este tamaño de partícula sería apropiado para aeroplanos de ala fija con velocidad de aplicación de 100 a 110 mph. El aparato usa un principio de pequeña corriente en charro en unión de un cristal oscilador piezo eléctrico.

B. Formulaciones. Un número de adyuvantes de aspersión se han introducido como medios posibles de alterar el proceso de atomización para reducir el número de partículas finas. Nosotros hemos medido el arrastre tanto con laminas de caída como muestreadores de aire para aplicaciones con un polimero polivinil (Nalco-Trol) y un sistema hidroxietil celulosa buffer (Union Carbide). Los datos del muestreador de aire indican la gran diferencia en los sistemas. El adyuvante Nalco-Trol produjo las más bajas cantidades de material colectado por muestreadores de aire 330 pies a 1 milla en dirección contraria al viento. El adyuvante de hidroxietil celulosa también produjo una cantidad más baja de depósitos en los muestreadores de aire que una emulsión de aspersión regular. Todas las pruebas anteriores fueron con una boquilla de charro simple dirigida hacia atrás con un arrastre mínimo. Los residuos de arrastre en las láminas de caída, sin embargo no mostraron diferencias significativas en el rango de 165 pies a 1/4 de milla en la dirección contraria al viento.

C. Factores Micro-Ambientales. Parámetros micro-metereológicos son probablemente uno de los factores más importantes pero menos controlables que afectan residuos de arrastre. El operador del aeroplano debe reconocer la importante influencia de dos factores, 1) dirección del viento y 2) turbulencia atmosférica. Afortunadamente, dirección del viento puede ser medida fácilmente y es obvio que arrastre no ocurrirá contra el viento en un campo vecino. El segundo factor de turbulencia es difícil de medir y es también difícil de predecir el efecto de mezcla turbulenta en las concentraciones del arrastre de aspersión a favor del viento.

La columna humo de una llanta vieja es un indicador visual excelente de la dirección del viento y es útil para estimar turbulencia o difusión de partículas. En efecto, el uso de una columna de humo es un procedimiento estándar para aplicadores aéreos que aplican 2,4-D en ciertas áreas peligrosas de California. Por ejemplo, una columna de humo durante condiciones de lapso normales se levantará, mezclará verticalmente y difundirá rápidamente. Durante fuerte inversión de temperatura el humo se extiende y puede permanecer intacto por varias millas, indicando condiciones muy estables con mezcla vertical o dilución mínimas. La mezcla o dilución de la nube de aspersión-arrastre sigue una forma similar.

Sin embargo, en un esfuerzo para cuantificar parámetros de turbulencia importantes, un número de variables se midieron durante un gran

número de ensayos de aspersión a la deriva. Se encontró que la razón de estabilidad fue correlacionada estrechamente a las formas de caída de arrastre. La razón de estabilidad puede ser calculada como sigue:

$$\text{Razón de Estabilidad} = \text{S. R.} = \frac{T_{32} - T_8}{V^2} \quad (27.8)$$

Donde T es la temperatura del aire en grados °F a elevaciones de 8 y 32 pies, y V es la velocidad media del viento en millas/hora a 16 pies. Así el gradiente de temperatura y velocidad del viento pueden ser combinados en un simple índice para predecir residuos de caída de arrastre. Un rango típico de condiciones de estabilidad sigue:

Condición Atmosférica	Razón de Estabilidad
inestable	-1.7 a - .1
neutral	- .1 a .1
estable	.1 a 1.2
muy estable	1.2 a 7.0

Los ensayos de aspersión fueron hechos con un sistema de bajo arrastre utilizando chorros D6 dirigidos hacia atrás. Las medidas de caída a 660 pies a favor del viento indican que los residuos fueron 13 veces más grandes en condiciones muy estables (R.R. de 5.8) que durante condiciones de baja estabilidad (S.R. de 0.2). Carga de aire total siguió la misma tendencia. A 660 pies a favor del viento, las condiciones muy estables produjeron cerca de 4 veces tanta concentración en el aire como las condiciones de baja estabilidad.

En conclusión, algunas consideraciones importantes para minimizar arrastre de aplicaciones aéreas: 1) Seleccionar boquillas que producen un mínimo de gotas finas consistentes con resultado de control de plagas. Un orificio simple o chorro dirigido hacia atrás es ideal para arrastre mínimo con químicos que son translocados o sistémicos. 2) Algunos tipos de agentes espesadores reducirán más la concentración de pesticida en el aire aunque ellos pueden tener pequeño efecto, en niveles de caída. 3) Evitar aplicación de materiales tóxicos durante las condiciones muy estables asociadas con fuertes inversiones de temperatura.

FORMULACIÓN DE PESTICIDAS PARA UN CONTROL
DE PLAGAS MÁS SEGURO Y EFECTIVO

Virgil H. Freed, Ph.D.
Departamento de Química Agrícola
Universidad de Oregon State
Corvallis, Oregon, U.S.A.

Introducción

Durante el último medio siglo pasado los pesticidas se han convertido en herramientas muy importantes en agricultura y salud pública. El uso de estos químicos para control de insectos, malezas, hongos y otras plagas, ha contribuido grandemente al aumentar la cantidad y calidad de alimentos. Aún más dramático ha sido el control de tales tormentos como la malaria y el tifus por el uso de pesticidas. Empero, los pesticidas, particularmente cuando son usados impropia- mente pueden tener efectos secundarios indeseables. Consecuentemente, esfuerzos muy sustanciales en años recientes han sido dirigidos hacia el encuentro de medios no químico para control de plagas. Indicios promisorios han sido desarrollados para métodos de uso o no químico o químico mínimo de manejo de plagas envolviendo control biológico, el uso de feromonas, atrayentes, hormonas, y por supuesto, la aplicación de un sistema de manejo integrado de plagas. Sin embargo, a pesar de esto hay muchos problemas de plagas para los cuales pesticidas permanecen como el único medio de control. La opinión general por los muchos grupos científicos que han estudiado el problema es que pesticidas permanecerán como el arma principal para control de plagas para el futuro previsible.

Si los pesticidas son entonces tan importantes para la protección de nuestro suministro de alimentos y nuestra salud, ellos merecen ser usados en la más segura y efectiva manera. Estos químicos empleados como pesticidas son altamente sofisticadas herramientas de tecnología con efectos biológicos no limitados al organismo blanco, sino que pueden igualmente afectar una gran variedad de otros organismos. Consecuentemente los esfuerzos para obtener una aplicación y utilización más eficiente y segura de estos químicos merecen mucho nuestra atención. Más allá de esto está la consideración económica donde, debido a los precios crecientes de los pesticidas y posible escasez de algunos de ellos, se hace importante maximizar la eficiencia de uso. Se sostendrá en esta presentación que formulación propia ayudará a alcanzar tanto más eficiencia con los pesticidas como más seguridad humana y ambiental.

Tipos de Formulaciones

Pocos químicos pueden ser usados directamente como producto técnico para control de plagas. El químico técnico puede ser tan

insoluble que no hay medio de aplicarlo. Aún otros químicos son tan altamente tóxicos que hasta que son diluidos en la formulación apropiada no pueden ser aplicados en cantidades suficientemente pequeñas para controlar plagas sin peligro innecesario. Aún con propia formulación y aplicación, hay considerable desperdicio envuelto en el uso de pesticidas. Se ha estimado que en algunos casos tan poco como 10% del químico aplicado es todo lo que se requeriría para controlar la plaga si todo él pudiera ser aplicado en las plagas. Debido a nuestra inhabilidad para dirigir la aplicación directamente a la plaga y las varias pérdidas que ocurren, cantidades de químico para compensar deben ser usados. Por ejemplo otro factor envuelto en el uso de más químico que la cantidad específica requerida para controlar las plagas, es el desdoblamiento del químico en el ambiente. Consecuentemente cantidades adicionales de químico deben usarse para lograr y mantener la concentración suficiente para controlar las plagas a través de un período de tiempo.

Las formulaciones de químicos pueden ser de varios tipos, también algunos químicos pueden ser ofrecidos en más que un tipo de formulación. La formulación usualmente consiste de un diluyente tal como un polvo base o un solvente combinado con otros ingredientes para proveer las propiedades correctas para aplicación.

Diferentes formulaciones se necesitan dependiendo del tipo y condiciones de aplicación, el organismo blanco, y la naturaleza del pesticida mismo. Entre los factores que deben ser considerados en la formulación están: el método de aplicación, la necesidad de dilución del ingrediente activo, seguridad en manejo, reducción de pérdida por arrastre, vaporización o degradación, y adherencia al cultivo o suelo siendo tratados. Algunos de los tipos comunes de formulaciones en uso ahora están descrito a continuación.

Polvos

Polvos se formulan para uso directo y no requieren más dilución. El ingrediente activo contenido en el polvo, usualmente varia de 1% a 10%, aunque porcentajes más altos de ingrediente activo puede usarse a veces. Debido a su naturaleza masiva, polvos usualmente son preparados localmente a partir de polvos concentrados por dilución con un material inerte apropiado tales como arcilla ("attaclay"), harina de cáscara de nueces, u otros materiales. El ingrediente inerte debe ser seleccionado no solamente para fácil aplicación, sino también por compatibilidad con el pesticida químico.

Por razones obvias polvos son molidos finamente, son más fácil de aplicar que los polvos mojables o emulsiones, usualmente usando equipo más simple. Comparados con algunos de los otros tipos de formulación, son menos aptos a ser fitotóxicos en el caso de los insecticidas, pero son altamente susceptibles a arrastre durante aplicación. Generalmente hay menos peligro tóxico a través de exposición dermal a polvos, pero probablemente son igualmente tan

peligrosos como otras formulaciones por inhalación. Polvos son fácilmente removibles de superficies de plantas por viento y lluvia, así su vida residual será más corta que algunos de los otros tipos de formulaciones.

Granulares

La formulación de pesticidas en partículas más grandes para aplicación directa ha sido particularmente bien apropiada para aplicaciones de pesticidas al suelo. Son usualmente preparadas en concentraciones similares a esas usadas en polvos, que es de 1% hacia arriba. Debido a su tamaño la formulación granular de pesticida no es arrastrada y no se pega al follaje. Como los polvos los granulares se formulan utilizando agentes inertes tales como una de las arcillas y con agente pegante apropiado y prensado en el tamaño de partícula deseado. Granulares, por supuesto, no son apropiados para tratamiento de follaje, y pueden tener la desventaja adicional en algunas instancias de tener una actividad biológica más baja debido a la adsorción en la arcilla. Se cree que mejoras sustanciales en formulaciones granulares particularmente para insecticidas sistémicos se podrían lograr utilizando formulaciones de liberación sostenida.

Polvos Mojables

Polvos mojables son esencialmente el mismo tipo de formulación que los polvos, excepto que ellos contienen un agente mojable. Un agente mojable tiene propósito de dispersar el polvo en agua. La concentración de ingrediente activo de los polvos mojables es entre 10% a 75%.

Polvos mojables suspendidos en agua pronto empezarán a asentarse a no ser que se revuelvan o agiten.

Algunas de las propiedades físicas de los polvos mojables que son importantes en aplicación son: su uniformidad de distribución, tamaño de la partícula, mojabilidad y suspendibilidad. Estas deben llenar estándares razonables para facilidad de aplicación y resultados efectivos.

Formulaciones Líquidas

Formulaciones líquidas ya sean derivativas solubles en agua o concentrados emulsificables, son diseñadas para aplicaciones de aspersión con un apropiado agente líquido. En algunos casos la formulación es diseñada para aplicación a muy bajo volumen (ultra bajo volumen) sin más dilución. Hay una variedad de las llamadas formulaciones líquidas que variando de los materiales solubles en agua (sales amina de 2, 4-D) a formulaciones fluidas que son sólidos finamente molidos dispersados en un líquido apropiado diseñado para aplicaciones de aspersión a concentrados emulsificables. (Etil paratión C.E.). Recientemente un

número de variaciones en las formulaciones líquidas se han desarrollado. Entre uno de los desarrollos más interesantes ha sido el de metilparatión microencapsulado en el cual el químico es encapsulado en cuentas plásticas. Esta formulación es diseñada para aplicación de aspersión. Tiene toxicidad mamífero más baja tanto a través de absorción por la piel, como por ingestión oral, y una vida residual más larga en la planta que el concentrado emulsificable comparable.

Factores que Influyen La Efectividad de Los Pesticidas

Antes de discutir algunos de los métodos para mejorar la formulación y aplicación de pesticidas, puede ser deseable considerar algunos de los factores que influyen la efectividad de los químicos. A entender esos factores puede ser más fácil diseñar una formulación que impediría el tipo particular de pérdida o pérdidas que tendería a limitar la efectividad y/o aumentar el peligro del químico.

Para los propósitos de esta discusión, atención será dada primariamente a los químicos orgánicos los cuales constituyen la mayoría de los pesticidas usados. Cada uno de estos químicos tiene un conjunto único de propiedades físicas y químicas tales como punto de fusión, punto de ebullición, presión de vapor, solubilidad, la velocidad de reacción, y tendencia de adsorber en la superficie de sólidos. Casi todo el mundo ha hecho la observación de la diferencia en las velocidades de evaporación digamos gasolina y aceite de lubricación. La gasolina se evapora muy rápidamente mientras el aceite de lubricación se evapora muy lentamente. La diferencia en la velocidad de evaporación puede ser atribuido a diferencias en propiedades físicas, es decir la presión de vapor. Diferencias en algunas de las otras propiedades físicas no son tan fácilmente observadas en la experiencia común pero son familiares a todos los químicos.

Las condiciones ambientales, por ejemplo temperatura, humedad, luz solar, son importantes en como el químico se comportará. Volviendo otra vez a la experiencia común utilizando el ejemplo de gasolina y aceite de lubricación, sabemos de observación que la gasolina evaporará mucho más rápido a temperatura alta que baja. Esto es también cierto de nuestros pesticidas, a saber que como la temperatura sube su velocidad de evaporación aumenta. Similarmente, la velocidad de pérdida sube como el área de superficie aumenta. Esto puede ser ilustrado por notar la diferencia en la velocidad de pérdida evaporativa entre una cantidad de agua en una botella destapada y la misma cantidad de agua esparcida sobre una superficie grande.

La pérdida de un pesticida de las superficies de plantas por lavado por la lluvia es otro factor que influye la efectividad de pesticidas. Si por ejemplo un insecticida ha sido aplicado a un cultivo de algodón y poco después ocurre un aguacero mucho del pesticida será lavado de la hoja. La consecuencia de esta pérdida es que otra aplicación del insecticida debe ser hecha para proveer protección contra la población de insectos. Se podría decir aquí que uno de los objetivos de formular químicos para regiones donde alta precipitación puede ocurrir debería

ser desarrollar esas formulaciones que ayudarían a superar lavado del pesticida.

Para el control de algunas plagas el químico tiene que ser aplicado al suelo. En el suelo dos procesos claramente distintas pueden ocurrir, ambos de los cuales pueden limitar la efectividad del pesticida por reducir su persistencia o la concentración disponible para actividad biológica. El primero de estos procesos es adsorción. Este fenómeno envuelve el ligamiento del químico a la superficie de los constituyentes del suelo u otros materiales sólidos. Dependiendo en que tan fuerte es este ligamiento la adsorción puede reducir sustancialmente la concentración del químico disponible para controlar la plaga. El otro proceso es aquel de desdoblamiento. El desdoblamiento puede ser químico como por ejemplo en la hidrólisis de un organofosfato o puede ser microbiológico, en tal caso la bacteria y los hongos del suelo metabolizan el químico reduciendo ambos su concentración y persistencia. Tabla I atenta resumir algunos de los factores ambientales que influyen o limitan la efectividad de pesticidas.

Tabla I
Factores Ambientales que Influencian
la efectividad del pesticida

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

Pérdidas del químico en términos de ambos concentración y persistencia ocurren después de aplicación pero también pueden ocurrir durante la aplicación. Mediante una ilustración, considera la aplicación atomizada de un emulsificable concentrado de un químico razonablemente volátil. Durante la operación de atomizar la solución o emulsión es separada en gotitas finas que requieren un cierto período de tiempo para caer de la boquilla a la planta blanco o al suelo. Si la gotita es muy fina y la distancia de caída excesiva, evaporación puede ocurrir de la gotita. Nótese también que entre más alta es la temperatura más rápida puede ser esta evaporación.

También puede haber una forma de degradación ocurriendo durante y después de la aplicación. Esto ocurre cuando el compuesto absorbe energía de luz de los rayos del sol y sufre desdoblamiento. Muchos de los químicos orgánicos usados como pesticidas son susceptible a este tipo de degradación. Puede ocurrir tanto durante la aplicación como en la superficie de la hoja después que el químico ha sido aplicado. Esto, junto con la vaporización de la hoja y posible lavado puede reducir rápidamente la concentración del pesticida en la planta o superficie del

suelo bajo la cantidad requerida para dar un control de plagas adecuado. Se presenta Table II para resumir estos factores diferentes.

Tabla II
Factores que Limitan la Efectividad
de la Aplicación de Pesticida

1. Pérdidas durante aplicación
2. Degradación
 - Química
 - Biológica
 - Fotoquímica
3. Vaporización
4. Lavado con agua
5. Adsorción
6. Percolación (en suelo)

Ya que se cree ahora que la evaporación puede ser realmente una fuente importante de pérdida de muchos de nuestros pesticidas particularmente en regiones tropicales, este fenómeno necesita recibir considerable atención en la formulación. Tabla III atenta a ilustrar algunos de los factores envueltos en vaporización para servir como una advertencia de la importancia de esta vía de pérdida.

Tabla III
Evaporación (Volatilización) de Químicos

1. Todos los químicos tienden a vaporizarse
2. Temperatura acelera

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H_v P}{RT^2}$$

3. A área más grande, más evaporación
4. Por debajo de cierto tamaño de gotita, la velocidad de evaporación aumenta

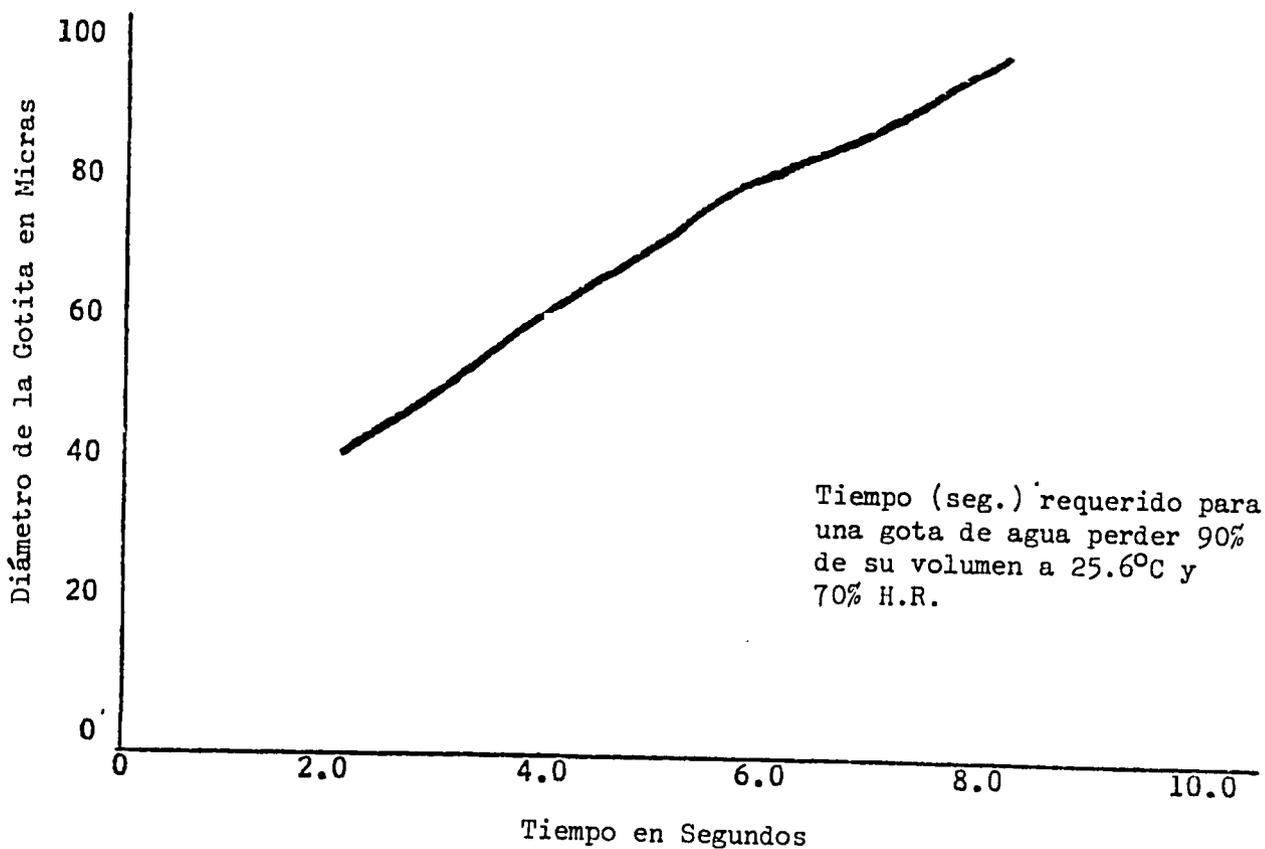
$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{e^{2\gamma_v}}{r(RT)}$$

La figura I se muestra para dar énfasis a punto número 4 de la Tabla III y servir como una advertencia de la importancia de controlar

el tamaño de la gota y la volatilidad tanto del químico como el agente a fin de minimizar pérdidas de evaporación y arrastre durante aplicación.

Figura I

Evaporación vs. Tamaño de Gota



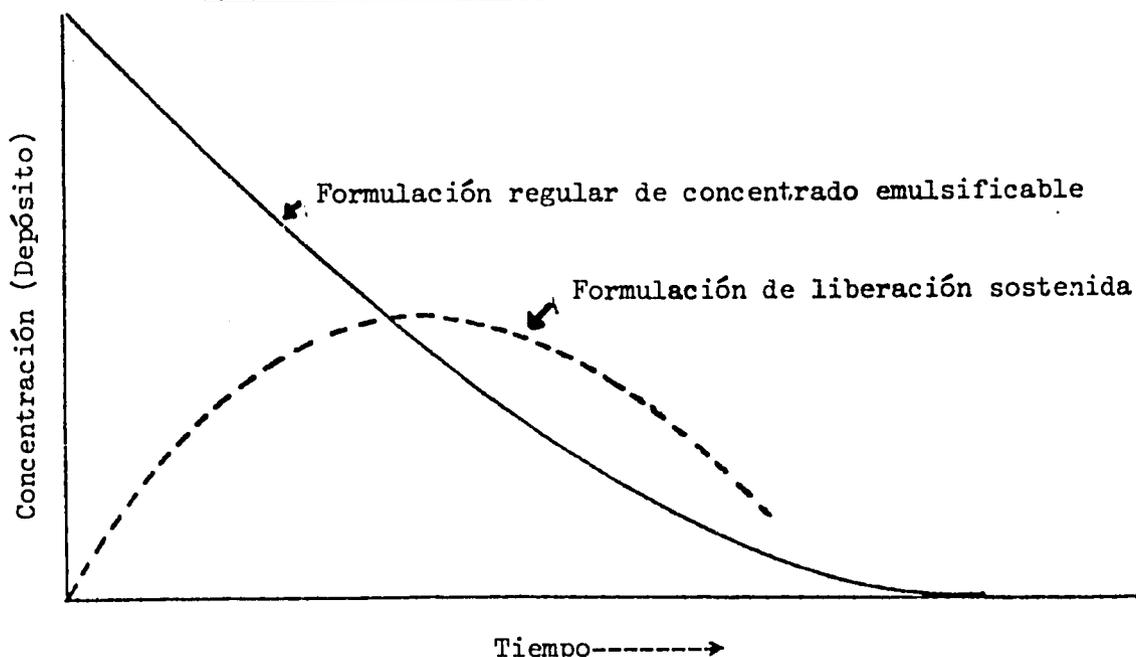
Consideraciones para Mejorar Formulación

En el pasado, la principal preocupación en el desarrollo de una formulación era poner el ingrediente activo en tal forma que su aplicación fuera posible. Habiendo obtenido esto, la meta siguiente fue asegurar estabilidad química y vida en almacenamiento de la fórmula y solamente entonces consideración fue dada a la modificación de la formulación para maximizar la efectividad biológica. Solamente recientemente se ha dado más atención al desarrollo de formulaciones para más facilidad de aplicación y mejorada efectividad. Esto ha sucedido cuando empezamos a apreciar más llenamente tanto los factores de la formulación como del ambiente que podrían limitar la efectividad de pesticidas. Por ejemplo, así que aprendimos más acerca del arrastre que ocurre durante la aplicación hubo el reconocimiento de la necesidad de no solamente mejorar el equipo de aplicación sino también la formulación para reducir arrastre. La adición de agentes espesantes para aumentar la viscosidad de la aspersión y el uso de emulsiones invertidas ha hecho mucho con ciertos químicos para reducir este problema.

Degradación es otro factor que es importante en limitar la efectividad de un pesticida. La degradación como fue mencionado anteriormente puede ser fotoquímica tal como ocurriría en una superficie foliar, o química como por ejemplo, hidrólisis o biodegradación como podría ocurrir en el suelo. Degradación por supuesto, causa una reducción en la concentración del pesticida y cuando la concentración cae por debajo del nivel biológico efectivo el control de plagas cesa. Ha habido un rechazo de pesticidas persistentes o que no degradan fácilmente a un uso mayor de aquellos que desdoblán más rápidamente. Por seguro, a fin de proteger el ambiente es deseable tener químicos que se degraden, pero nosotros quisieramos demorar la degradación hasta que el control de plagas se ha obtenido.

Varios enfoques han sido usados para reducir la velocidad de degradación de químicos. Un enfoque para químicos aplicados al follaje ha sido añadir un agente que seleccione lo más corto de los rayos del sol a fin de proteger contra degradación fotoquímica. En casos de pesticidas aplicado al suelo la adición de un químico que reduce ataque microbiológico ha sido exitoso en algunos casos. Un enfoque aún más exitoso ha sido el diseño de formulación de liberación sostenida en la cual el químico es incorporado en un plástico o agente similar que lo proteja del ataque por la liberación del químico sobre un período de tiempo a una velocidad suficiente para lograr control de plagas. La Figura II representa gráficamente la diferencia entre una formulación de emulsificable concentrado regular y la formulación de liberación sostenida. Las curvas dibujadas en esta figura representan las concentraciones del químico a intervalos de tiempos distintos.

Figura II
Ilustración de Formulaciones Regulares
vs. Liberación Sostenida

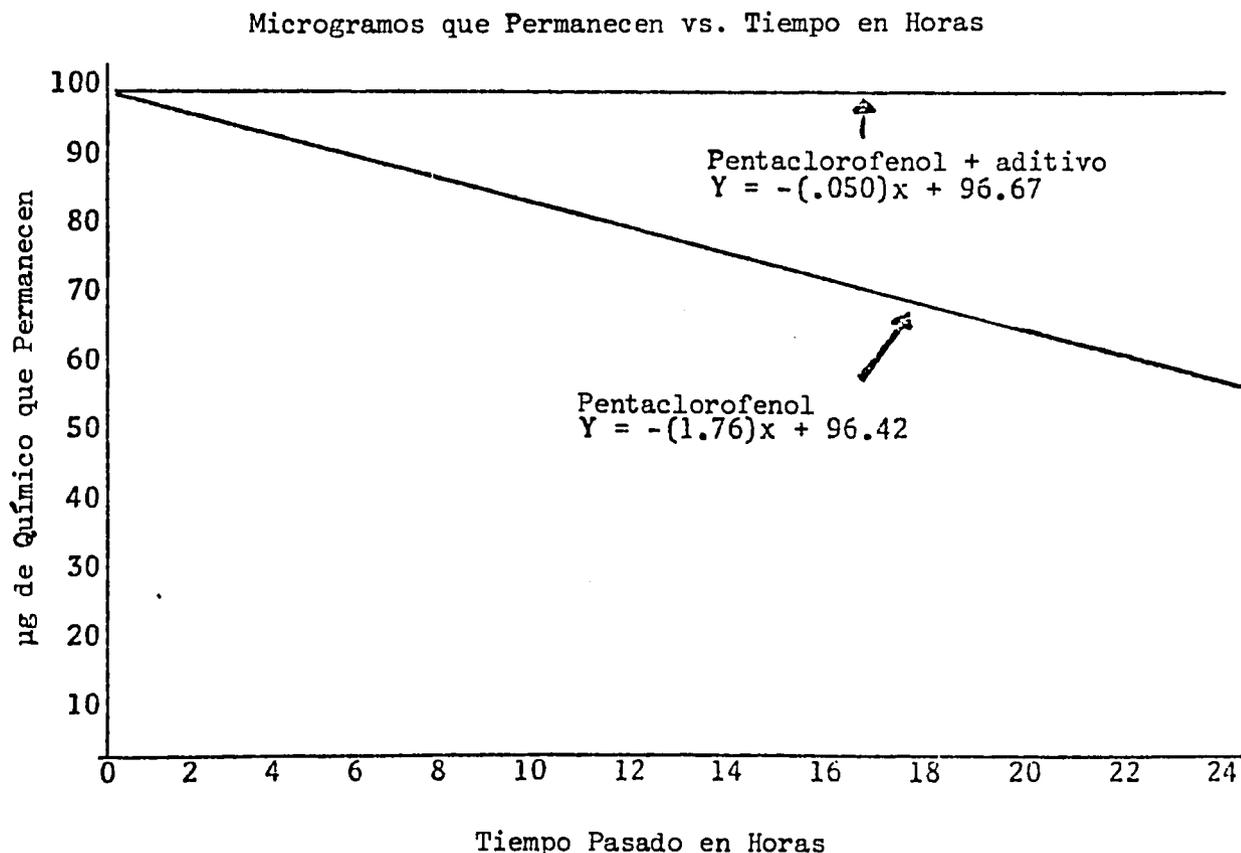


Otra vía de pérdida de químicos, es a través de vaporización o el cambio a forma gaseosa y el escape del área tratada. Aunque la mayoría de los pesticidas usados serían catalogados por los químicos orgánicos como de volatilidad baja, pérdidas de vapor sustanciales se han observado en aplicaciones de campo. La explicación para esto es que hay una lámina muy fina de químico extendida sobre un área grande, y aunque el porcentaje de pérdida por centímetro cuadrado es bajo, cantidades sustanciales se van a evaporar cuando se extienden en tal lámina.

La pérdida de vapor de un químico se puede reducir por formular originalmente como un producto de liberación sostenida o microencapsulada pero esto no puede ser siempre o deseable o factible. Más bien, puede ser necesario añadir un ingrediente poco antes de su aplicación que tendería a reducir la velocidad de pérdida de vapor. Figura III es una ilustración de lo que puede hacer en la reducción de pérdida de vapor con ciertos aditivos. El mismo aditivo no es necesariamente apropiado para todos los químicos pero se aparece ahora que aditivos controlando el vapor pueden ser encontrados para un número de químicos.

Figura III

Efecto de Aditivo en Volatilidad de Pentaclorof



En una sección anterior, el problema de "lavado" fue indicado como otra fuente de pérdida de pesticidas de las superficies de plantas. De nuevo, se han encontrado aditivos que reducen lavado así extendiendo la vida residual efectiva del químico aplicado.

El problema es entonces planear formulaciones de pesticidas para superar tanto como sea posible esos factores limitantes. Esto puede lograrse usando los ingredientes propios en la formulación original o con la adición de aditivos al momento que la aspersión es mezclada. Nosotros estamos empezando a tener suficientemente buen entendimiento de la química y dinámica de pesticidas que formulaciones ajustadas a las condiciones particulares de las aplicaciones y ambientales pueden ser preparadas.

Recientes Desarrollos en Formulaciones de Pesticidas

Uno de los primeros problemas a enfrentar por las formulaciones fue el arrastre. Con ciertos químicos, el arrastre del área blanco presentó un problema real. Los ingenieros trabajaron fuerte en el problema para desarrollar equipo de aplicación para reducir arrastre, pero hasta que ciertas modificaciones de la formulación se lograron, el sólo diseño de equipo no fue suficiente para reducir el problema. Uno de los primeros intentos de formulación para reducir el problema de arrastre fue el uso de la emulsión invertida. La emulsión normal con la cual todos somos familiares es aceite en agua, es decir, gotitas de aceite dispersadas en una fase acuosa continua. Sin embargo, por manipulación de la cantidad y clase de emulsificante y método de mezcla, podemos producir la llamada emulsión invertida o agua en aceite. Esta es una emulsión mucho más gruesa y viscosa produciendo gotas de tamaño más grande. Lo más grande la gota, por supuesto, menos el arrastre. El paso siguiente en el intento para reducir el arrastre, sin embargo, fue la introducción de agentes que espesarían normales. Una variedad de estos agentes han sido introducidos e incluyen cosas tales como metil celulosa, algas, gomas vegetales y plásticas dispersables en agua. Más recientemente, una técnica de aplicación ha sido desarrollada la cual en vez de utilizar partículas de aspersión discretas, utiliza una espuma que contiene el químico. Glicoles complejos y agentes estabilizantes se usan para producir tales materiales en aspersoras mecánicas.

Un desarrollo excitante en formulación de pesticida es la de microencapsulación. Esta idea vino de la industria farmacéutica donde están buscando lograr una sostenida alta concentración de una droga sin tener que administrar dosis frecuentes. Inicialmente la droga era puesta en la forma de una píldora revestida. La revestidura de la píldora se quebraría entonces bajo condiciones ácidas o alcalinas dependiendo en donde el médico deseaba que la droga fuera liberada. Con la disponibilidad de algunos de nuestros plásticos modernos, sin embargo, fue posible encapsular la droga en pequeñas cuentas donde la difusión de la droga a través de la membrana de la cápsula regulaba la velocidad de liberación. Por este método ha sido posible

con algunas drogas lograr los mismos resultados con 1/10 del nivel de la dosis. Adoptando este método para formulación de químicos agrícolas, fue posible reducir pérdidas de vapor, fotodegradación, y al mismo tiempo aumentar la seguridad de esos que manejan el material. Otro ejemplo en donde pesticidas han sido incorporados en plástico son las tiras plásticas en las cuales un pesticida es incorporado para liberación sostenida.

Atención se da ahora a aditivos e ingredientes de formulación para regular la velocidad de liberación y extender el período de control. Otros agentes están siendo investigados para reducir pérdidas de vapor, prevenir lavado y disminuir degradación biológica. Debería ser posible pronto, por ejemplo, obtener formulaciones granuladas de químicos sistémicos que proveerán una liberación sostenida que extendería el período de control efectivo dos o tres veces.

Formulación propia de un químico como puede verse requiere un número de aditivos agentes diferentes, cada uno con su función especial propia. Una lista parcial de algunos agentes típicos usados con pesticidas modernos es dada en la Tabla IV junto con la función que ellos realizan en la formulación. Esta tabla es sólo para los propósitos de ilustrar el tipo de agentes usados, la función o papel que juegan en la formulación, y da sólo unos pocos ejemplos de los varios aditivos que son accesibles para este propósito. El desarrollo de la formulación apropiada para una serie dada de condiciones requiere estudio y experiencia, junto con el conocimiento de los factores limitantes a ser vencidos.

Tabla IV

Algunos Aditivos de Formulaciones y su Función

<u>Agente</u>	<u>Ejemplo</u>	<u>Función</u>
Solventes	Petróleo Xileno Ketonas	Disuelve y diluyen agentes activos.
Surfactantes	Jabones Sulfonates Etileno aril polioxi Alcoholes	Emulsificantes agentes humedecedores.
Espesadores	Metil celulosa Gomas Plásticos dispersables en agua.	Aumentan viscosidad y tamaño de gota. Reducen arrastre.
Arcillas	"Attaclay" Bentonita	Diluentes y base para polvo. Polvos mojables y granulares.
Pegantes	Resinas Gliptel Plásticos Polímeros terpenos	Aumentan la retención.

Mucho falta para ser hecho en la formulación de químicos para usos y condiciones específicas. Sabemos suficiente ahora acerca de este problema para emprender tal mejora. Es especialmente importante tomar ventaja completa de cualquier posible modificación de formulaciones para aumentar seguridad humana, proteger el ambiente y conservar el limitado suministro de pesticidas.

Será necesario reconocer, sin embargo, que pesticidas diseñados para regiones templadas no son necesariamente los mejores para los trópicos. La formulación debe de ser diseñada para condiciones ambientales específicas. Con lo que sabemos hoy esto no es una empresa formidable y es una que producirá dividendos muy buenos.

Referencias

Fanger, G. O. Chemtech., 397, July 1974.

Diazquez, C. H., et al. Journal Ag. and Food Chem., Vol. 18, page 681, 1970.

Que Hee, S. S. and R. G. Sutherland. Weed Science, Vol. 22, page 313, 1974.

Akesson, N. B., W. E. Yates and S. E. Wilce. Agrichemical Age, page 9, Dec. 1972.

Akesson, N. B., W. E. Yates and R. E. Cowden. Agrichemical Age, page 9, Dec. 1974.

Philipps, F. T. and E. M. Gillham. Pesticide Science, Vol. 4, page 51, 1973.

Yates, W. E. and N. B. Akesson. Reducing Pesticide Chemical Drift, Pesticide Formulations Research, edited by W. Van Valkenburg, page 275, Marcell Dekker, Inc., N.Y., 1973.

Collins, R. L. Control Release Pesticide Symposium, University of Akron, Akron, Ohio, Sept. 1974.

ALMACENAMIENTO, MANEJO Y DESHECHO DE QUÍMICOS

Virgil H. Freed
Departamento de Química Agrícola
Universidad de Oregon State
Corvallis, Oregon, U.S.A.

Exposición Humana y Ambiental

En la distribución y uso de pesticidas grandes cantidades de concentrado técnico o material formulado deben ser almacenados y manejados. El material puede ser empacado en envases grandes o manejado en lotes. Esto es en tanques o cajones si es un polvo seco. En el almacenamiento, manejo y distribución de esos químicos hay un escape inevitable de algún material o puede haber accidentes o derramamientos.

Algunas veces, debido a contaminación o deterioramiento se hace necesario deshacerse de cantidades masivas de químico. A no ser que las propias precauciones se tomen, el almacenamiento, manejo y deshecho de grandes cantidades de químicos puede resultar en una seria amenaza a la salud humana y el ambiente. En esta presentación revisaremos algunas de esas precauciones para reducir el riesgo presentado en el manejo y disposición de grandes cantidades de pesticidas.

Siempre hay la posibilidad de exposición humana en el manejo de químicos, ya sea transfiriéndolo de un envase al otro, reempacándolo, o mezclándolo para ser aplicado. Donde productos técnicos o formulaciones altamente concentradas se manejan, el riesgo de envenenamiento por exposición es alto. Consecuentemente, todas las precauciones de vestimenta protectora, ventilación, y la utilización de transferencia mecánica son esenciales tanto como sea posible. Pero exposición de humanos también proviene de derramamientos o deshecho del químico. Por lo tanto uno debe preocuparse en el manejo y deshecho de grandes cantidades de químicos de la contaminación del ambiente tales como un arroyo, o alimentos a través de los cuales otros humanos pueden ser expuestos. No es solamente el problema de envenenamiento humano directo, también existe el aspecto serio de efectos ambientales proveniente de grandes cantidades de químicos que pueden variar de daño a unas pocas de las especies más susceptibles a la creación de virtualmente un desierto biológico dentro del area contaminado.

Toxicidad y Peligro

Antes de intentar la discusión de problemas específicos de manejo, almacenamiento y deshecho de grandes cantidades de químicos,

tomemos algún tiempo para revisar unos pocos principios básicos que bien puede servir para planear prácticas más seguras.

Todo mundo por supuesto sabe que pesticidas se clasifican como venenos. Sin embargo, reconocemos que algunos aparecen ser menos peligrosos que otros. La experiencia también ha demostrado que algunos de esos químicos persistirán más tiempo en el ambiente que otros. Lo que se debe tener en mente, sin embargo, es que cualquier químico en concentración suficiente puede ser tóxico. Este es un principio cardinal, y se aplica ya sea que estemos tratando un organismo individual, una población de organismos, o la biósfera entera. Se admite que aparece obvio que un exceso en la dosis con un químico particularmente tóxico será dañino; pero algunas veces cuando se clasifican esos químicos como menos tóxicos que otros, tendemos a olvidar que una dosis excesiva aún de los llamados químicos seguros puede ser dañino al individuo o al ambiente. Además, debe notarse que toxicidad puede resultar ya sea que la exposición ocurra a través de la piel, vía respiratoria o ingestión oral.

Una segunda consideración es la de que si exposición a una dosis dada de químico produce un efecto perceptible aunque sea agradable, esta es una buena señal de peligro potencial. Exposición continuada a dosis a más altos niveles pueden causar consecuencias mucho más serias. Hay dos hechos básicos para señalar en este caso, uno es que existe una relación entre la dosis y la respuesta tal que con una dosis creciente hay un efecto creciente. Extrapolando esto al revés, uno puede seguramente concluir que hay también un nivel de exposición a dosis por debajo del cual no habrá consecuencia seria. Un segundo hecho para deducirse es que a dosis suficientes para producir un efecto perceptible, hay el potencial para producir una lesión irreversible debido a una continuada exposición. Hay, sin embargo, una protección intrínseca contra la acción tóxica si la dosis es suficientemente baja. Tanto en los organismos vivientes como en el ambiente encontramos la capacidad de metabolismos, fijación y eliminación del químico ofensivo.

Todo mundo reconoce que hay una diferencia entre químicos en lo que se refiere a su toxicidad y una diferencia entre organismos en lo que se refiere a la susceptibilidad a un químico dado. Esto inmediatamente sugiere que hay una distinción entre toxicidad y peligro. Toxicidad, por supuesto, es la habilidad inherente de un compuesto para producir mal efecto a una dosis dada, mientras que peligro representa la probabilidad de que un químico producirá un mal efecto. El peligro presentado por un químico dado se compone de 4 características distintas. Estas son:

1. Toxicidad intrínseca
2. Susceptibilidad de las especies afectadas
3. Persistencia del químico
4. La movilidad del químico en el ambiente

Así, vemos que el peligro en el manejo, distribución, y lo deshecho del químico envuelve no sólo la toxicidad intrínseca de la sustancia, sino también las propiedades del compuesto que pueden llevar a su dispersión. Por ejemplo, en un espacio cerrado un químico altamente volátil aún sin ser un tóxico peligroso, puede presentar un peligro, mientras que una sustancia aun más tóxica de una presión de vapor extremadamente baja sería de un peligro mínimo. Es muy importante recordar que es la manera de almacenamiento, manejo y uso la que determina si un químico es peligroso. Con las propias precauciones aún el más tóxico y peligroso de los químicos puede ser manejado y usado seguramente. Al contrario con manejo descuidado y precauciones impropias aún un químico de toxicidad y peligro baja puede causar efectos serios.

Clases de Químicos y Sus Propiedades

Con esto como referencia, miremos la naturaleza de algunos de los pesticidas químicos, sus propiedades y los problemas que ellos proporcionan en almacenamiento, distribución y deshecho. La primera clase de químicos son los organohalógeno o compuestos organoclorinados que han sido usados por muchos años como pesticidas. Dentro de esta clase química encontramos un amplio rango de sustancias tanto en naturaleza como en propiedades. Por ejemplo, hay materiales tales como los cloropropenos y Dibromuro de Etileno usados como fumigantes hasta materiales tales como DDT, Dieldrín, y toxafeno. Cada uno representa un diferente problema en términos de manejo y deshecho, aunque es más probable que problemas de almacenamiento, manejo y deshecho serían encontrados con los organoclorinados sólidos representados por DDT, heptacloro, toxafeno y Dieldrín.

Siguiente en la lista de clases químicas están los organofosfatos. Esta clase de pesticida está reemplazando rápidamente los organoclorinados como insecticidas para la mayoría de propósitos. Los organofosfatos se caracterizan por ser más volátiles, menos persistentes y usualmente mucho más tóxicos que los pesticidas organoclorinados. Estas características resultan en problemas particulares de manejo y deshecho. Afortunadamente, los organofosfatos son algo rápidamente hidrolizados por medios alcalinos a productos menos tóxicos.

Carbamatos son otras estructuras químicas comúnmente encontradas dentro de los pesticidas. Los N-Metilcarbamatos se usan extensivamente como insecticidas, mientras los productos N-Aril se encuentran más comúnmente como herbicidas. Los Ditiocarbamatos, al contrario, son casi exclusivamente efectivos como fungicidas.

Hay un número de unas clases químicas diferente representadas por pesticidas. Hay amidas y analidas, triazinas, ureas, fenoles, anilinas substituidas y compuestos heterocíclicos. Cada una de estas clases y cada compuesto en la clase tiene un conjunto único de propiedades físicas, químicas y biológicas que deben ser consideradas en el almacenamiento, manejo y deshecho. Afortunadamente, esas propiedades

son algo rápidamente determinadas haciendo posible para nosotros planear las medidas apropiadas para manejo y uso seguro.

Consideraciones en el Almacenamiento de Químicos

Como indicado en el comercio de pesticidas, cantidades algo grandes ya de productos técnicos o formulaciones concentradas deben ser almacenados a fin de proveer los canales de distribución. Frecuentemente, problemas serios aparecen debido a almacenamiento impropio de esos químicos ya que inevitablemente algo del químico será perdido en el manejo o derramado por accidente. Deshechos de almacenamiento y plantas de formulación también deben ser deshechados y esto ocurre muy a menudo a través del alcantarillado público o las corrientes de aguas públicas.

Facilidades de Almacenamiento

La localización de cualquier facilidad de almacenamiento para grandes cantidades de pesticidas deben ser escogidas cuidadosamente, para removerlas tan lejos como sea posible de otras actividades humanas, asegurar que hay propias facilidades de deshecho, y prevenir incursiones públicas inadvertidas. El sitio debe ser bien removido de arroyos y cuerpos de agua y escogido así que la pendiente o drenaje esté lejos de tales cuerpos de agua. Es deseable también que tales sitios sean de suficiente tamaño para acomodar áreas de tratamiento especial para deshecho de sobrantes y derramamientos.

El edificio o facilidad en el cual los químicos van a almacenarse debe ser especialmente construido para el propósito. Si hay una variedad de químicos para ser almacenada en la misma facilidad, el edificio debe ser suficientemente grande para permitir aislamiento o separación de los diferentes químicos. Donde herbicidas e insecticidas van a almacenarse en el mismo sitio, edificios separados deben proveer a fin de evitar contaminación cruzada.

Esencial a cualquier edificio de almacenamiento bien construído, es un piso de concreto bien por encima de posible niveles de inundación. El piso debe tener un acabado suave para fácil limpieza y para prevenir el químico de empapar el concreto. Además, el piso debe ser inclinado hacia un drenaje para que los derramamientos y salpicaduras del químico puedan ser lavados en el drenaje. El drenaje mismo, por supuesto, debe llevar a filtros de carbón apropiados y equipo de tratamiento para así prevenir contaminación del afluente de alcantarillado. Filtros de carbón y facilidades de tratamiento son simples y no costosas de construir e instalar. Almacenamiento de barriles u otros envases de químicos en bruto deben ser en jergones apropiados para protección del recipiente.

Otras características de una facilidad de almacenamiento bien construida incluye: buena ventilación, equipo para control de fuego, duchas de seguridad y apropiada seguridad para prevenir acceso no deseado al almacenamiento.

En cada facilidad de almacenaje, deben tomarse precauciones contra el derramamiento de químicos. Esto es particularmente cierto de los organofosfatos altamente tóxicos. Sin embargo, el derramamiento de cualquier químico, no importa como inocuo el parezca, debe ser tratado como un peligro. Es altamente recomendado que en cada facilidad de almacenamiento o en cualquier parte que cantidades de químicos se manejen, haya un amplio y fácilmente accesible suministro de carboncillo para absorber el químico. En adición, debe haber un suministro de cal or carbonato de calcio para neutralizar aquellos materiales tales como los fosfatos y carbamatos que son rápidamente desdoblados por la cal. Si grandes cantidades de líquido están envueltas es deseable tener un material adsorbente tal como vermiculita o una arcilla disponible para asistir el carbón en la adsorción. Naturalmente, vestimenta protectora adecuada debe ser disponible para los trabajadores que deben enfrentar tales derramamientos.

Un punto más debe ser mencionado acerca de facilidades de almacenamiento y eso es tenerlas adecuadamente marcadas indicando la naturaleza del material almacenado en el caso de una emergencia, tal como un fuego o un accidente. Trabajadores de emergencia tales como bomberos son pués más capaces de enfrentar el problema.

Unas pocas palabras se requieren para lo referente a los envases para químicos en grandes cantidades y su almacenaje. Seguridad requiere una insistencia en que los envases sean durables, a prueba de agujeros e impermeables a humedad. No es simplemente suficiente requerir buenos envases. Debe haber inspección periódica de barriles, tanques, bolsas en almacenaje para buscar agujeros, daño o deterioramiento.

Deshecho de Químicos en Grandes Cantidades

Por una variedad de razones se hace necesario de vez en cuando descartar cantidades de pesticidas y/o recipientes usados para empacarlos. Puede ser que el químico para deshacerse es un deshecho de una planta de almacenamiento o formulación. El químico puede haberse deteriorado por debajo de una cualidad aceptable para uso, o por alguna otra razón el químico no es útil. La pregunta es entonces, ¿cómo deshacerse de este químico sin peligro a humanos o contaminación seria del ambiente? Lo mejor en deshecho, por supuesto, es la destrucción del químico, pero durante el proceso de destrucción nosotros deseamos evitar exposiciones de humanos y la seria contaminación de agua, aire, y suelo.

Hay cuatro maneras de deshacerse de químicos; ellas incluyen: uso, destrucción química, incineración y deshecho en el suelo. Aunque hablaremos con más detalle acerca de algunos de esos métodos después, vale la pena indicar unas pocas características importantes de cada uno.

1. Destrucción Química: Destrucción química de un pesticida depende de utilizar reacciones químicas específicas para destruir el

químico. Esto puede ser una oxidación con algo como permanganato o clorato, o podría ser una reacción tan simple como una hidrólisis alcalina. Destrucción química aunque efectiva, también tiende a ser costosa en sus requerimientos de equipo, químicos adicionales y el problema final de deshecho de los sobrantes siguiendo la reacción.

2. Uso: Usando el químico como un pesticida es tal vez el medio de deshecho más efectivo y económico donde tal práctica es posible. A las bajas dosis normalmente usadas para control de plagas, el ambiente a través de degradación fotoquímica y microbiológica destruirá el material. Mientras tanto, uno se ha beneficiado con el control de plagas del químico. Las precauciones usuales en el uso de químicos podrían ser observados en deshecho en este modo.

3. Incineración: En este caso los términos incineración o quema no se refieren a destrucción por fuegos abiertos o quema como se ve en un relleno de tierra sanitario. Cuando hablamos de incineración de químicos pensamos del uso de quemadores especialmente contruidos (Hornos) que tienen una temperatura de la llama sobre 800°C, toma de aire adecuada, y un largo tiempo de permanencia en la cámara de combustión para asegurar destrucción del químico. Más aún, tales incineradores requieren apropiadas chimeneas con aparatos de tratamiento para evitar contaminación del aire.

4. Deshecho en el Suelo: Deshecho en el suelo propiamente manejado se está convirtiendo en un medio popular para deshacerse de cierta clase de químicos. Es mucho más efectivo en el deshecho de químicos orgánicos tales como muchos de nuestros pesticidas que para deshecho de químicos inorgánicos tales como metales pesados. Deshecho en el suelo depende en una combinación de tratamiento químico y ataque microbiológico para degradar el químico a productos inocuos. Los sitios para deshecho en el suelo de químicos deben ser cuidadosamente escogidos para evitar problemas de contaminación de agua, también deben removerse de otros sitios de actividad humana y deben ser suficientemente grandes para manejar la cantidad de químico para deshacerse. El sitio puede ser separado indefinitivamente para deshecho de químico, o si propiamente manejado y no sobretratado, puede ser traído en uso para otros propósitos después de pocos años.

Deshecho de Envases

Examinando ahora algunas casos específicos de problema de deshecho, considera primero el problema de deshecho de envases de pesticidas. Bolsas de papel y plásticas usadas para pesticidas nunca deben ser descuidadamente descartadas o tiradas en zanjas, arroyos, o corrientes de agua, sino que deben ser descartadas enterrándolas. El entierro puede ser en un relleno de tierra sanitario usando apropiados químicos aditivos para acelerar el desdoblamiento. Las bolsas pueden también ser incineradas si el propio tipo de horno es disponible.

El problema de deshecho de frascos de vidrio o plástico o envases de metal crea un problema diferente. Muy a menudo los frascos, latas de galón o tambores aparecen ser atractivos para otros usos. Ha habido un número de casos de envenenamiento de humanos donde envases de pesticidas se usaron para otros propósitos después de que habían sido vaciados del contenido de pesticida original. Contaminación ambiental puede resultar si los envases se descartan descuidadamente. Es imposible drenar cualquiera de esos envases completamente vacío del pesticida. Enjuagues repetidos ayudarán a reducir la cantidad de pesticida que permanece en uno de esos envases, pero aún eso no remueve todo el material. Para hacer más seguro el deshecho de envases de pesticidas, hemos venido a recomendar que cada envase sea enjuagado el menos tres veces y los enjuagues vaciados en el tanque de aspersión. El enjuague puede ser ya con agua o con aceite, cualquiera que sea el solvente más efectivo para la formulación de pesticida. Si la gente insiste en usar esos envases para otros propósitos, limpieza precautiva mucho más elaborada debe ser seguida. En el caso de organofosfatos o carbamatos debe incluir remoje de los envases en una solución alcalina relativamente fuerte seguida por un cuidadoso lavado con agua y detergente, seguido por otro remoje en el cual carbón o carboncillo se introducen en el agua a fin de remover los últimos vestigios del químico.

Tal vez los mejores medios de deshecho de los envases más grandes, barriles, tambores, y tanques, es reusarlos para el mismo pesticida. Los tambores pueden ser recondicionados en una facilidad relativamente no cara y regresados a uso. El reacondicionamiento usualmente envuelve limpieza con vapor, ocasionalmente raspando con una cadena para remover el forro plástico, seguido por el revestimiento interior del tambor.

Deshechos y Derramamientos

Otro problema de deshecho es el de residuo de almacenaje y plantas de formulación. Si la planta es propiamente construida los derramamientos y agujeros serán contenidos en el piso de concreto - donde pueden ser adsorbidos con carbón o arcilla, neutralizados con cal y este residuo entonces deshechado por degradación de suelo en un sitio de relleno de tierra apropiado. Si tales derramamientos se van a vaciar en un drenaje, el drenaje debe estar provisto con un filtro de carbón y el agua afluyente llevar a un estanque o una facilidad de tratamiento adicional antes de liberarse al sistema de alcantarillado o descargarse en un arroyo. Tales facilidades como el filtro y tratamiento no son caras en ninguna manera y pueden usualmente ser fabricadas ahí mismo en la planta.

Una alerta especial debe ser emitida cerca de facilidades de almacenamiento y formulación en referencia al tipo de piso en el cual esas operaciones se llevan a cabo. Varias veces en esta presentación mencionamos que pisos de concreto deben ser usados. Esto es para evitar tener un piso dentro del cual el químico se pueda infiltrar y luego ser liberado como vapor o recogido en agua en el caso de una inundación. Pisos de madera o tierra absorben y mantienen el químico

y debido a las extremadamente altas concentraciones poca o no desdoblamiento ocurre. Consecuentemente el riesgo de exposición humana en esta situación es alto.

Deshecho en el Suelo

Hay dos prácticas muy diferentes en deshecho de químicos en el suelo. Una práctica utiliza el llamado "relleno sanitario de tierra" donde se excava un hueco en el suelo y el químico se deshecha en el hueco. Usualmente algún aditivo químico tal como cal o carboncillo se usan para acelerar el desdoblamiento del químico en este relleno sanitario de tierra. La práctica entonces es forrar el hueco con cantidades de cal y carboncillo. Una capa del químico a deshechar se coloca en seguida en el hueco, cubierto con más cal y una capa de suelo se usa para cubrir. Una segunda capa de cal se agrega, luego más químico, más cal y finalmente otra capa de suelo. Para el relleno sanitario de tierra manejado en esta manera, el sitio debe ser escogido con extremo cuidado ya que el desdoblamiento del químico no será tan rápido pero que alguna infiltración del relleno de tierra ocurrirá, así causando contaminación de agua en la tierra y los arroyos cercanos.

Se recomienda que donde se vayan a deshechar pesticidas o químicos tóxicos en esta manera, el hueco individual sea limitado en tamaño y relativamente pequeñas cantidades de químico deshechado en cada hueco. Los huecos deben estar separados 10-30 metros, tener una profundidad máxima de no más de 2 1/2 metros y tener una cobertura de 1/2 a 1 metro de suelo. El propósito de la cal usada en rellenos sanitarios de tierra es proveer un medio alcalino que hidrolizará los organofosfatos y carbamatos a productos relativamente menos tóxicos. Más aún la cal a medida que se difunde dentro del suelo, fomenta actividad microbiológica que causa más destrucción de los productos de hidrólisis. En el caso de los hidrocarburos clorinados, el medio alcalino diclorina la sustancia a otro producto. En algunos casos, más desdoblamiento ocurre algo rápidamente. Si rápido desdoblamiento de los hidrocarburos clorinados es deseado, la adición de estiércol animal o buen compost orgánico más algún fertilizante crea una condición aeróbica que causa degradación algo rápida de los organoclorinados.

El otro método de deshecho en el suelo consiste en distribuir el material sobre un área más grande incorporándolo en el suelo a una profundidad de 5 o 6 pulgadas y dependiendo de los microorganismos del suelo a desdoblar el químico. Manejo de tal área por medios de agregar fertilizante y manteniendo humedad del suelo acelera la velocidad de desdoblamiento. Donde se van a deshechar organofosfatos en esta manera, la adición de cal en la proporción de 2 1/2 toneladas por hectárea acelerará el desdoblamiento. Las cantidades de químico que pueden ser aplicadas en el uso del suelo para biodegradación pueden variar de 10-20 veces la proporción normal de aplicación.

El sitio escogido para biodegradación como descrito arriba es muy importante. De nuevo, debe estar removido de otras actividades humanas, no debe drenar en arroyos o cuerpos de agua, y algunas

provisiones deben ser hechos para drenar cualquier escorrentía en un pozo negro antes de ser liberado. Con propia selección del sitio y manejo, la técnica de biodegradación en el suelo puede ser un medio efectivo de deshacerse de materiales orgánicos químicos no deseados.

Resumen

En el almacenamiento, manejo y deshecho de químico hay riesgos concomitantes para exposición humana y contaminación ambiental a no ser que se tomen precauciones apropiadas. Basados en nuestro conocimiento de la química de un compuesto y su toxicología somos capaces de tomar aquellas precauciones necesarias para prevenir esos riesgos. Las precauciones nos capacitan para manejar y deshacernos seguramente de la mayoría de los químicos. Los pasos a tomarse incluyen provisión de apropiado espacio de almacenamiento equipado con ventilación adecuada, pisos de concreto y teniendo capacidad apropiada para enfrentar accidentes y derramamientos. Deshecho de químicos envuelve hacer uso de las propiedades químicas y físicas conocidas para ocasionar degradación. Una variedad de procedimientos degradativos se conocen, entre ellos: químico, biodegradación, incineración y rellenos sanitarios de tierra. Selección del método de deshecho de exceso de químico está basado en criterios de seguridad humana y protección ambiental. Los envases proporcionan un tipo especial de problema pero procedimientos correctos pueden diseñarse también para estos.

References

1. Disposal of Environmentally Hazardous Wastes. Task Force Report EHSC, OSU.
2. Montgomery, M. L., et al. Biological Degradation of Pesticide Wastes in Fate of Pesticides in Environmental Procedure 2nd IUPAC Pest. Vol. VI, p. 117, Gordon Burch, 1972.
3. Johnsen, R. L. et al. Ibid p. 139.
4. Pesticide Manual, Vol. 1, UC/AID 1972.