

IICA
PM-A1/SV
87-010



memoria

“CURSO INTERNACIONAL
SOBRE TECNOLOGIA DE
APLICACION DE AGROQUIMICOS
EN CAFE

PROMECAFE

Financiamiento USAID/ROCAP 596-0090

RECIBIDO 26 ABR. 1989

IICA-CIDMA

1 2 3 4

5 6 7 8

PROYECTO REGIONAL DE CONTROL DE PESTES DEL CAFE

AID/ROCAP N° 596-0090

SUB-PROYECTO: EPIDEMIOLOGIA Y CONTROL DE LA ROYA DEL CAFETO

M E M O R I A

CURSO INTERNACIONAL SOBRE TECNOLOGIA DE APLICACION DE AGROQUIMICOS
EN CAFE

11 - 22, noviembre de 1985

San Salvador, El Salvador

Editado por:

Ing. Armando Alabí*
Coordinador Adjunto del Curso

Lic. Cecilia Gálvez**
Encargada de Revisión y Edición

* Jefe Departamento de Ingeniería Agrícola, ISIC

** Jefe Departamento de Fitopatología, ISIC

BV 845

11CA
PM-A1/SV
87-010

Serie Publicaciones Misceláneas
No. AI/SV-87-010
ISSN-0534 - 5391

00000863

CURSO INTERNACIONAL SOBRE TECNOLOGIA DE APLICACION DE AGROQUIMICOS EN CAFE

COORDINADOR:

Dr. Zía U. Javed, PROMECAFE-IICA

COORDINADOR ADJUNTO:

Ing. Armando Alabí, Ingeniería Agrícola, ISIC

INSTRUCTORES:

Dr. Zía U. Javed, PROMECAFE
Dra. Gloria Ruth Calderón, El Salvador
Ing. Armando Alabí, El Salvador
Dr. Myron Shenk, Oregon, USA
Dr. Edgar Lionel Ibarra, Honduras.

EXPOSITORES INVITADOS:

Ing. Manuel Vega Rosales (ISIC)
Ing. Joaquín Larios (CATIE)
Ing. Guillermo Otero (OIRSA)
Dr. Jorge Hernán Echeverri (PROMECAFE)

Ing. Luis Ernesto Avelar (AVELAR HERMANOS - EL SALVADOR)
Ing. Mauricio Arévalo (BAYER - EL SALVADOR)
Ing. Ramón Sergio Castro (MOORE COMERCIAL - EL SALVADOR)
Ing. Salvador Portillo (MOORE COMERCIAL - EL SALVADOR)
Ing. Akira Kera (JACTO, BRASIL)
Dr. Alberto Honda (JACTO, BRASIL)
Dr. Víctor M. Urrutia (MONSANTO - GUATEMALA)
Ing. Marco Antonio Escobar (INCAFE - EL SALVADOR)

P R E S E N T A C I O N

La lucha que la humanidad libra contra las plagas y enfermedades de las plantas, se ha facilitado enormemente con la aparición de pesticidas selectivos de muy distinto tipo. Sin embargo, resulta sumamente importante, casi determinante, el hacer llegar el pesticida al insecto o patógeno que se trata de combatir. De aquí que se haya desarrollado toda una tecnología para la aplicación de pesticidas.

En el caso del café uno de los problemas vigentes más importantes es la Roya (Hemileia vastatrix). Casi con igual preocupación se está viendo en el área de PROMECAFE el ataque de la Broca del Fruto (Hypothenemus hampei).

En ambos casos se han encontrado buenos pesticidas que ayudan al control. Los fungicidas de cobre han probado ser muy eficaces en la protección de la planta en contra del ataque de la Roya. Asimismo se tiene un buen insecticida que controla la Broca.

Pero en ambos casos se requiere hacer llegar el pesticida al lugar indicado para que funcione. Esto quiere decir en la cantidad adecuada, con la cobertura más completa, tamaño de gota apropiado, todo sin desperdiciar los materiales, que son tan caros y con el menor gasto de tiempo, energía y agua que sea posible.

Es por eso que en PROMECAFE se consideró de gran importancia el realizar este curso a nivel internacional al que fueron invitados expositores de gran experiencia en sus respectivos campos. Se invitaron participantes de varias instituciones de El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y México.

Este volumen da a conocer el texto de las exposiciones presentadas que sabemos que vendrán a enriquecer en gran medida la literatura existente sobre este tema tan importante.

Carlos Enrique Fernández
Jefe de PROMECAFE

C O N T E N I D O

	PAGINA
PRESENTACION	II
PROGRAMA CURSO INTERNACIONAL SOBRE TECNOLOGIA DE APLICACION DE AGROQUIMICOS EN CAFE	VI
BREVE RESEÑA SOBRE EVALUACION DE EQUIPOS DE ASPERSION EN EL INSTITUTO SALVADOREÑO DE INVESTIGACIONES DEL CAFE (ISIC) Ing. Armando Alabí, ISIC - El Salvador	1
CONTROL DE LAS PRINCIPALES PLAGAS DEL CAFE Ing. Manuel Vega Rosales, ISIC - El Salvador	4
PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR LA EFICACIA DE LOS EQUIPOS DE ASPERSION PARA COMBATIR LAS PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CAFE Dr. Zía U. Javed, PROMECAFE Ing. Armando Alabí, ISIC - El Salvador	21
FORMULACIONES DE LOS HERBICIDAS Dr. Myron Shenk, U.S.A.	30
FACTORES QUE AFECTAN A LOS HERBICIDAS APLICADOS AL FOLLAJE Dr. Myron Shenk, U. S. A.	52

	PAGINA
EL USO SEGURO DE LOS PLAGUICIDAS	73
Dr. Myron Shenk, U. S. A.	
PLAGUICIDAS, SU DESTINO, ALGUNOS EFECTOS	97
Dra. Gloria Ruth Calderón, CENTA	
MANEJO ADECUADO DE AGROQUIMICOS	115
Dra. Gloria Ruth Calderón, CENTA	
SELECCION Y CALIBRACION DE EQUIPOS DE ASPERSION PARA LA APLICACION DE AGROQUIMICOS EN EL CULTIVO DEL CAFE	130
Ing. Armando Alabí, ISIC - El Salvador Br. Mario César Ventura	
COMENTARIO DE LAS ACTIVIDADES DEMOSTRATIVAS Y VISUALES	136
Ing. Armando Alabí, ISIC - El Salvador	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140
LISTA DE PARTICIPANTES	142
AGRADECIMIENTOS	146

100

101

102

103

104

105

106

107

108

P R O G R A M A

CURSO INTERNACIONAL SOBRE TECNOLOGIA DE APLICACION DE AGROQUIMICOS EN CAFE

JUSTIFICACION

El café ha sido una de las plantas que mejor se ha adaptado a las condiciones ecológicas de América, lo que ha permitido en el pasado, el desarrollo de este cultivo con muy pocos problemas fitosanitarios.

A partir de 1976, esta situación cambió debido a la presencia de un agente patógeno externo que ha puesto en peligro su estabilidad en el medio.

La Roya del Cafeto causada por el hongo Hemileia vastatrix Berk & Br. exige al productor cafetalero el empleo de fungicidas con el propósito de evitar el establecimiento y desarrollo de organismos, así como los daños económicos que ocasiona.

Recientemente la aplicación de pesticidas es motivo de preocupación, siendo necesario establecer toda una estrategia donde esté considerada la mayor parte de la tecnología necesaria para el combate de la enfermedad.

La gran mayoría de los técnicos involucrados en la capacitación, ha tenido alguna oportunidad de asistir a charlas, seminarios o conferencias sobre el combate de la Roya del Cafeto, en las cuales se ha tratado en forma general el uso de agroquímicos y su metodología de aplicación.

Es por esta razón, que el IICA/PROMECAFE propone la realización de un curso avanzado y específico sobre combate químico de las enfermedades del café, donde se cubran aspectos básicos del manejo de los problemas fitosanitarios del cultivo, la planificación y aplicación de medidas de combate, el manejo de los agroquímicos y el uso y mantenimiento de los equipos de aspersión.

OBJETIVOS

Objetivo General

Capacitar al personal técnico de las instituciones dedicadas al desarrollo de la caficultura y de los Ministerios de Agricultura de los Países Miembros del PROMECAFE.

Objetivos específicos

- Dar a los participantes la tecnología necesaria para el combate de enfermedades, para que sean ellos quienes a su vez, la transmitan a los demás técnicos y caficultores de su país.
- Dar las bases y motivar iniciativas para el estudio e investigación de mejores técnicas de aspersión.
- Formar un criterio técnico que permita a los participantes evaluar sistemas de aplicación, productos químicos y equipos de aspersión, con la finalidad de prepararlo para que intervenga en la selección de los mejores medios de combate de la Roya del Cafeto.

GENERALIDADES

Duración y fechas del curso

Doce días completos, comprendidos del 11 al 22 de noviembre de 1985.

Lugar: Hotel Terraza
San Salvador, El Salvador.

Financiamiento

PROMECAFE financió los gastos de viaje y viáticos de funcionarios de instituciones nacionales de cada uno de los países participantes.

ORGANIZACION

Coordinación General: Dr. Zía U. Javed, PROMECAFE.

Coordinación Adjunta:

- Dr. Raúl Soikes, Director de la Oficina del IICA en El Salvador
- Lic. Eduardo Andrade, PROMECAFE
- Ing. Jorge Armando Alabí, ISIC.

P R O G R A M A

PRIMERA SEMANA

Lunes 11 de noviembre de 1985

08:30	-	09:30	Inscripción
09:30	-	10:00	Inauguración
10:00	-	10:30	Receso
10:30	-	12:30	Breve reseña sobre evaluación de equipos de aspersión en el Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café (ISIC)
12:30	-	14:00	Receso
14:00	-	15:30	Selección y calibración de equipos de aspersión para la aplicación de agroquímicos en el cultivo del café
15:30	-	16:00	Receso
16:00	-	17:30	Aspectos estadísticos en la investigación sobre pestes del café

Martes 12 de noviembre de 1985

08:30	-	10:00	Continuación, diseño y técnica experimental, muestreo
10:00	-	10:30	Receso
10:30	-	12:30	Aspectos estadísticos
12:30	-	14:00	Receso

14:00	-	15:30	Aspectos estadísticos
15:30	-	16:00	Receso
16:00	-	17:30	Boquillas y accesorios para la aspersión de agroquímicos

Miércoles 13 de noviembre de 1985

08:30	-	10:00	Control de las principales plagas del café
10:00	-	10:30	Receso
10:30	-	12:30	Continuación control sobre plagas del café
12:30	-	14:00	Receso
14:00	-	15:30	Demostración práctica sobre equipos de aspersión motorizados y manuales, sus partes y su funcionamiento
15:30	-	16:00	Receso
16:00	-	17:30	Continuación

Jueves 14 de noviembre de 1985

08:30	-	10:00	Procedimiento para evaluar la eficacia de los equipos de aspersión para combatir las plagas y enfermedades del café
10:00	-	10:30	Receso
10:30	-	12:30	Pasos de la evaluación física
12:30	-	14:00	Receso
14:00	-	15:30	Pasos de la evaluación práctica
15:30	-	16:00	Receso
16:00	-	17:30	Reglamentación Regional

Viernes 15 de noviembre de 1985

08:30	-	10:00	Formulación de plaguicidas
10:00	-	10:30	Receso
10:30	-	12:30	Métodos de evaluación del efecto de los fungicidas
12:30	-	14:00	Receso
14:00	-	15:30	Problemas de nemátodos en café
15:30	-	16:00	Receso
16:00	-	17:30	Continuación

SEGUNDA SEMANA

Lunes 18 de noviembre de 1985

08:30	-	10:00	Coadyuvantes (aditivos)
10:00	-	10:30	Receso
10:30	-	12:30	Continuación
12:30	-	14:00	Receso
14:00	-	15:30	Consideraciones sobre la técnica de aplicación de agroquímicos en café, en Brasil
15:30	-	16:00	Receso
16:00	-	17:30	Continuación

Martes 19 de noviembre de 1985

08:30	-	10:00	Factores que afectan a los herbicidas aplicados al follaje
10:00	-	10:30	Receso
10:30	-	12:30	Continuación
12:30	-	14:00	Receso
14:00	-	15:30	Demostración sobre partes, funcionamiento y mantenimiento de bombas de mochila

15:30	-	16:00	Receso
16:00	-	17:30	Continuación

Miércoles 20 de noviembre de 1985

08:30	-	10:00	El uso seguro de los plaguicidas
10:00	-	10:30	Receso
10:30	-	12:30	Estrategia del control químico de la Roya del Cafeto
12:30	-	14:00	Receso
14:00	-	15:30	Demostración práctica, boquilla, tipo de descargas, sus características, uso y calibración en equipo de aspersión manual.
15:30	-	16:00	Receso
16:00	-	17:30	Continuación

Jueves 21 de noviembre de 1985

08:30	-	10:00	Plaguicidas, su destino, algunos efectos
10:00	-	10:30	Receso
10:30	-	12:30	Regulaciones en el control sobre residuos de plaguicidas
12:30	-	14:00	Receso
14:00	-	15:30	Manejo adecuado de agroquímicos
15:30	-	16:00	Receso
16:00	-	17:30	Tecnología de aplicación en el campo Práctica de calibración

Viernes 22 de noviembre de 1985

08:30	-	10:00	Demostración de equipos aspersores
-------	---	-------	------------------------------------

10:00	-	10:30	Receso
10:30	-	12:30	Discusión de trabajo
12:30	-	14:00	Receso
14:00	-	15:30	Conclusiones y recomendaciones
15:30	-	16:00	Clausura
18:30	-	20:30	Cocktail

^
BREVE RESEÑA SOBRE EVALUACION DE EQUIPOS DE ASPERSION EN EL INSTITUTO
SALVADOREÑO DE INVESTITACIONES DEL CAFE (ISIC)

Ing. Agr. Armando Álabí*

Desde la creación del ISIC en 1956, uno de los programas de estudio del Departamento de Ingeniería Agrícola fue el conocimiento y evaluación de los equipos de aspersión para el control de plagas y enfermedades del café.

En el mencionado programa, las investigaciones se iniciaron a partir del apareamiento de la Roya del Cafeto, en 1970, en Brasil. Estos estudios consistieron en conocer las características generales de los equipos manuales, motorizados y estacionarios; tales como partes que constituyen cada equipo, principios de funcionamiento; tipos y formas de aspersión de boquillas. En este mismo trabajo también se describieron los pasos de la calibración del equipo, selección y mantenimiento, así como los factores que afectan una buena aplicación.

A partir de 1975, fecha del apareamiento de la Roya del Cafeto en Nicaragua, se procedió a la evaluación de cuatro equipos motorizados y uno estacionario, en bajo y medio volumen, en el control de plagas y enfermedades. Las aspersiones se realizaron usando una mezcla de colorante diluido en agua y la evaluación consistió en determinar la penetración y cobertura de los tres estratos del árbol y de la parte externa e interna de las hojas del cafeto; además, se determinó la influencia de la topografía y densidad de siembra en la operabilidad del aplicador.

* Ingeniero Agrónomo, Departamento de Ingeniería Agrícola del Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café (ISIC), Santa Tecla, El Salvador.

En 1979 se continuó la evaluación de los mismos equipos de aspersión en cafetales podados mediante el sistema de verticales múltiples, por apreciación y formados en parras.

Las aspersiones con los equipos se hicieron usando una mezcla de fungicida y un trazante fluorescente (Primulina A-150), visible en la luz ultravioleta; la evaluación de los equipos se hizo mediante la comparación de los cubrimientos de las hojas asperjadas con un patrón fotográfico previamente establecido. Dentro de los resultados de penetración y cobertura se determinó deficiencias en el estrato superior del cafeto, no así en el estrato medio e inferior, así también se determinaron los gastos de agua y tiempos de aplicación por hectárea.

En cuanto a la operabilidad del aplicador, no fue afectada por el manejo del cafetal; pero si las podas por apreciación y en parras mostraron menor cobertura y penetración en los estratos del cafeto.

A partir de diciembre de 1979, fecha en que se detectó la Roya del Cafeto en nuestro país; se evaluó la aspersora estacionaria John Bean y varios equipos clasificados en ultrabajo volumen en el control de la Roya del Cafeto.

Las aspersiones se hicieron en agosto, septiembre y octubre, utilizando en los equipos de ultrabajo volumen Cobre micronizado, Nordox y en el equipo estacionario Oxiclورو de Cobre; en los resultados se determinaron gastos de mezcla y tiempos de aplicación, cobertura y penetración. Además, se observó a nivel nacional en los meses de diciembre a abril, los mayores índices de infección de Roya. Así también se determinó la funcionalidad de cada equipo.

En 1983, se evaluaron equipos motorizados con o sin agitador hidráulico, así mismo se evaluaron equipos manuales con diferentes caudales en el control de la Roya del Cafeto. Dichas aspersiones se hicieron en las épocas recomendadas, utilizando diferentes fuentes de Cobre. Dentro de los resultados se determinó que la incorporación del agitador hidráulico en el equipo motorizado, no ejerce ninguna influencia en el control de la Roya del Cafeto.

En 1984, y a consecuencia de la detección de la Broca del Fruto del Cafeto en septiembre de 1981, en la zona occidental del país; se evaluó el comportamiento de algunas aspersoras manuales y motorizadas en el control simultáneo de la Broca del Fruto, Roya del Cafeto y absorción de micronutrientes, utilizando una mezcla insecticida-fungicida y elementos menores. Asimismo, se evaluaron los distintos discos y boquillas, con el fin de disminuir los gastos de agua en las aplicaciones. Dentro de los resultados se obtuvo un control satisfactorio de la Roya del Cafeto, no así en el control de la Broca del Fruto; ya que hasta la fecha no se ha notado el efecto eficaz del Thiodan, debido a los bajos índices de infestación con que se inició el ensayo.

En cuanto a las determinaciones foliares, se encontró mayor contenido de elementos menores, en donde se aplicó el micronutriente.

"CONTROL DE LAS PRINCIPALES PLAGAS DEL CAFE

Ing. Manuel [✓]Vega Rosales*

INTRODUCCION

En algunas zonas cafetaleras, los insectos que atacan al cafeto, pueden llegar a causar daños significativos en ciertos lugares del cafetal y épocas del año. Muchas veces son tan severos los ataques que pueden afectar la producción de los cafetales.

Como las plagas no se presentan en forma generalizada en el cafetal; el muestreo para estimar los niveles de infestaciones de plagas es una necesidad, para lograr que el combate químico sea usado solamente en las partes de la finca que presente estos problemas, en las intensidades que lo ameriten. Todo esto se consigue con más eficiencia si el combate de las plagas en el cultivo se ha ce en forma integrada, es decir, organizando la ejecución oportuna de las medi das de combate contra las plagas claves.

Para organizar el programa de combate de las plagas en el cultivo del café se debe tener como base la identificación de los insectos claves y conocer el com portamiento de cada etapa de la vida de las respectivas especies, asimismo sus factores naturales de mortalidad (meteorológicos, depredadores, parásitos y pa tógenos) y, además, se debe prever en esta planificación, evitar las contamina ciones. Por las razones anteriores se ha hecho esta publicación, que contem pla en forma actualizada, algunos aspectos sobre los insectos asociados al cul tivo del café en El Salvador; para que sirvan de guía para la decisión oportuna y racional de las medidas de combate más efectivas.

* Jefe del Departamento de Entomología. ISIC. El Salvador.

PLANIFICACION DEL COMBATE

Para planificar eficientemente el combate de las plagas de los cafetales, es necesario conocer la finca; tener una distribución adecuada de los lotes; seleccionar adecuadamente las personas que trabajarán como plagueros y que éstos sean bien supervisados.

CONOCIMIENTO DE LA FINCA

Este conocimiento puede lograrse a través de un estudio del plano de la propiedad, el cual debe tener detalladamente los límites naturales de quebradas, barrancos, ríos, acequias, cercos, calles, etc.

TAMAÑO DE LOS LOTES

Es recomendable que el cafetal esté dividido en unidades, tomando en consideración los límites de la finca. En los casos que las unidades sean lotes, que por dichos límites hayan quedado mayores de 7 hectáreas, es preciso hacer una subdivisión artificial para marcar el límite de unidades de un tamaño menor, que puede ser mediante el uso de pintura en los troncos de árboles de sombra, lo cual deberá incluirse también en el plano.

PLAGUEO EN CAFETALES

Con esta actividad se pretende estimar en forma sencilla, los niveles de plaga del cafetal que servirán de base para decidir si hay necesidad de aplicar insecticida. Para desarrollar esta actividad eficientemente, se deben seleccionar personas que sean trabajadores de la finca y que sepan leer y escribir. A este personal también debe enseñársele a reconocer las principales plagas, sus daños típicos y además, la forma de realizar los recuentos.

EPOCA

El conocimiento de la época en que aparecen las principales plagas orientará mejor la búsqueda durante el año. En este sentido los plagueos de Minador y

Araña Roja deben planificarse para la época seca y después de la cosecha. En cambio, para los insectos del suelo, como las orugas, piojos blancos (cochinillas), esta acción debe realizarse en el período lluvioso.

Las formas más sencillas que se usan para hacer recuentos de las principales plagas del cafeto son las siguientes:

INSECTOS DEL SUELO

1. Se selecciona una forma de recorrido del lote, donde se harán los recuentos, éste será de acuerdo, principalmente, a su forma y dimensión, con lo que el plaguero podrá evitar desorientarse en el cafetal. Los recorridos en forma de diagonal y paralelas son los que más se adaptan a las condiciones de los cafetales del país.
2. Para estimar las poblaciones de insectos del suelo en el recorrido, se harán estaciones cada 20 metros en donde se revisarán en la época lluviosa 3 cafetos alternos, removiendo cuidadosamente el suelo correspondiente al área donde se concentran las raíces hasta llegar a una profundidad de 15 centímetros.

Sobre las orugas se deberá anotar, por cafeto, la presencia de huevos y la cantidad de larvas. A los piojos blancos de la cabellera se les estimará su infestación en base al número de colonias por cafeto y se anotará si hay presencia de los de la raíz principal. Todos estos datos deben anotarse en los formularios de informe sobre los recuentos.

INSECTOS DEL FOLLAJE

1. Para estimar las infestaciones del Minador de la Hoja del Cafeto, se pueden tomar al azar dos hojas de madurez normal (tercero o cuarto par), en las bandolas donde se concentre el follaje (estrato medio de la planta), esto se hará en varios cafetos escogidos al azar, puede ser en recorridos

paralelos o en zig zag, tratando de coleccionar como mínimo 250 hojas procedentes de todos los lugares representativos del lote. Las muestras también pueden tomarse por medio de los recorridos de diagonales.

El examen de las hojas se hará inmediatamente después de colectadas, abriendo las minas para anotar la cantidad de larvas vivas, pupas y además, la presencia o ausencia de adultos.

2. Para evaluar los brotes de Araña Roja, es importante buscar primero las partes del lote que tienen sombra deficiente y allí, buscar los brotes para delimitarlos. En los casos en que el brote sea uniforme, principalmente en los cafetales expuestos al sol, se puede proceder a evaluar el daño en 200 hojas del lote, tomadas de forma similar que para el Minador. El ataque podrá calificarse de acuerdo a la presencia de arañas y los daños por cada hoja.

COMBATE DE LAS PRINCIPALES PLAGAS DEL CAFETO

ORUGAS O GALLINAS CIEGAS, Phyllophaga spp

Las poblaciones de los adultos son más altas al inicio de las lluvias, mientras que las larvas son más abundantes durante los meses de junio a agosto. Los adultos al llegar a su madurez sexual se aparean y luego sus hembras ponen los huevos casi en la superficie del suelo; éstos pueden medir de 1.0 a 3.0 mm, son de color blanco aperlado y en un período que oscila entre 7 y 23 días se convierten en orugas, las cuales en sus primeros días de vida, se alimentan de materia orgánica inerte y posteriormente se dirigen a las raíces del café, para continuar su alimentación.

COMBATE

Una forma de combatir la plaga es reduciendo las poblaciones de adultos, por medio de lámparas de luz negra, usando una unidad de 40 W cada 15 ó 20 manzanas (3.0 horas diarias de exposición, de 6 a 9 p.m.) en la última semana de

febrero, marzo, abril, mayo y junio, por ser la época de mayor incidencia. Con esta medida se reducen las posturas de huevos, causando una baja de las poblaciones de larvas.

Actualmente se han podido establecer algunos puntos críticos tentativos de acuerdo al desarrollo del cafeto y el hábito alimenticio de la larva. En este sentido, por lo menos con una larva por planta de vivero o plantas con un año de haber sido transplantadas en el campo, se puede controlar químicamente. Así mismo, en plantas de 2 ó 3 años pueden tolerarse 8 larvas, 12 ó 15 en las de 4 años y en las plantaciones maduras bajo buenas condiciones de cultivo se ha observado en el campo que el cafeto puede tolerar 30 larvas, sin afectar drásticamente la cosecha.

Para combatir químicamente las orugas en vivero, se pueden usar los insecticidas detallados para este problema en el Anexo 1. En los cafetales es necesario hacer previamente la determinación de la cantidad de orugas existentes (plagueo), para localizar el foco o focos, en donde se hará la aplicación dirigida al área desde el tronco hasta la gotera de los cafetos, para lo cual pueden usarse cualquiera de los insecticidas recomendados para esta plaga en el cultivo del café (Anexo 1).

PIOJOS BLANCOS DE LA RAIZ

Existen dos tipos de piojos blancos que atacan a las raíces de los cafetos; el conocido comúnmente como piojo blanco de la raíz (Pseudococcus brevipes Ck11) y los de la cabellera (Geococcus coffeae Green y Rhizoecus nemoralis sp).

COMBATE

En los cafetales se deben localizar los focos de la plaga, luego se revisan las raíces para determinar cuál de las dos plagas es la que se encuentra presente. En caso de que se localice el piojo que afecta la raíz principal y se decida combatirlo químicamente, se debe remover la tierra al pie del tronco,

para formar una especie de embudo y aplicar diluido en cada planta, cualquiera de los insecticidas recomendados (Anexo 1). Esta aplicación debe cubrir el cuello de la raíz principal, luego el embudo se cubre con la tierra.

Las poblaciones de piojillos se estiman o se califican en base al número de colonias que amenazan alguna parte del área de las raíces absorbentes. En las plantas de vivero o plantías de 1 año, basta la presencia para decidir el control químico, pero en plantaciones de más de tres años, se pueden permitir hasta 2 colonias que estén amenazando hasta el 25% del área de las raíces absorbentes, ya que este por ciento es el daño tolerable por arbusto.

Las aplicaciones deben hacerse tratando de distribuir uniformemente el plaguicida en el área desde el tronco hasta la "gotera" del cafeto; por lo que se hace necesario realizar previamente un picado suave del suelo, para facilitar la penetración de los productos. En ambos casos, las aplicaciones deberán hacerse al inicio de la época lluviosa. Se pueden utilizar cualquiera de los plaguicidas recomendados (Anexo 1).

GUSANOS CORTADORES, CUERUDOS, TIERREROS

Estas plagas son larvas (Agrotis sp, Feltia sp., Spodoptera sp).

COMBATE

Con el fin de localizar oportunamente los daños o las larvas del insecto es conveniente revisar periódicamente el vivero; al encontrar la plaga se recomienda aplicar los insecticidas en las dosis específicas para esta plaga (ver Anexo 1). También puede utilizarse el cebo envenenado recomendado, el cual se distribuye depositando 4 gr (lo que se alcance a tomar con tres dedos de la mano), por posturas, separadas a un metro entre sí. Además, es conveniente mantener limpio de malezas y hojarasca los alrededores del vivero, para evitar que las larvas tengan refugio.

MINADOR DE LA HOJA DEL CAFETO (Leucoptera coffeella)

COMBATE

La poda de sombra al inicio de la época lluviosa con una intensidad adecuada, disminuye la intensidad del daño. Para combatir químicamente el Minador, se recomienda realizar recuentos (muestreo de su población), para determinar el momento preciso para aplicar los insecticidas y el área específica a ser tratada. Las poblaciones críticas del Minador para decidir el control químico en una plantación adulta para la época seca son 10 a 15 larvas en 100 hojas; en cambio, para el inicio de la lluviosa son 15 a 20 larvas en 100 hojas. Estos rangos dependen del régimen de lluvias del lugar, los cuales determinarán los niveles naturales de mortalidad de la plaga.

Para matar las larvas en las fincas con disponibilidad de agua, podrán usarse los insecticidas concentrados emulsificables que se anotan en las recomendaciones (ver Anexo 1). Cuando el Minador se encuentra en estado de prepupa (larvas que se cuelgan en las hojas) o adultos en la época seca, se pueden utilizar polvos secos de los insecticidas que se recomiendan en el Anexo 1. En aquellos lugares específicos de las fincas que todos los años se esperan ataques severos de la plaga, la producción alta y además sea difícil obtener el agua para aspersiones; entonces se pueden aplicar insecticidas sistémicos al suelo, durante los meses de mayo, junio y julio, como: Disyston 10 G o Thimet 10 G en dosis de acuerdo al desarrollo del cafeto, así en cafetales adultos se puede usar de 20 a 30 gr por arbusto. Las aplicaciones de estos insecticidas pueden hacerse, por lo menos 90 días antes de la cosecha para tener mayor seguridad de que no aparezcan residuos en el grano.

ARAÑA ROJA (Oligonychus punicae)

La época de mayor incidencia es durante los meses de enero a abril. Esta mayor abundancia se debe, en gran medida, a que en esta época hay exceso de luz y ausencia de la lluvia, que son los factores principales que afectan las

poblaciones. Estos ácaros pueden encontrarse en los cafetales sin distinción de variedades. Viven generalmente en el haz de las hojas, prefiriendo depositar los huevos a lo largo de las nervaduras de cada una de éstas. En hojas muy infestadas pueden encontrarse adultos, ninfas o huevos; éstos últimos sostenidos por una serie de fibras o tejidos para su protección.

Se ha encontrado que poblaciones de más de 35 ácaros por hoja pueden producir su caída y, de esta manera, podría ocasionar pérdidas en la cosecha. Como la lluvia es el principal factor de mortalidad de las poblaciones, cada año la plaga manifiesta diferentes intensidades de ataque; independientemente de si se aplican o no acaricidas.

COMBATE

Para combatir la Araña Roja se debe tomar como primera medida, podar la sombra bajo las mismas recomendaciones usadas para el Minador, o sea al inicio de las lluvias.

El uso de acaricidas contra esta plaga es más efectivo cuando se hace en los lugares específicos de los lotes que presentan la plaga; los cuales, generalmente, coinciden con lugares deficientes en sombra. Los productos que se recomiendan se describen en el Anexo 1.

CHACUATETE, CHACUATE (Idiarthron subquadratum s & p)

COMBATE

Para combatir el Chacuatete, es recomendable aplicar insecticidas en polvo en los lugares localizados sobre los cafetos, barreras de izotes, sansiviera, troncos podridos de guineos y en otros lugares donde se puedan refugiar.

PULGONES O AFIDOS (Toxoptera aurantii Fonc.)

Estos insectos segregan sustancias azucaradas que son utilizadas por ciertas especies de hormigas; debido a ello forman una asociación, donde los áfidos

proporcionan las sustancias azucaradas y las hormigas les brindan protección contra algunos enemigos naturales.

COMBATE

Los áfidos tienen enemigos naturales que ejercen algún control sobre ellos; sin embargo, en la mayoría de veces en los viveros y en muy pocos casos en los cafetales, se puede recurrir al uso de cualquier insecticida descrito para esta plaga en las recomendaciones del Anexo 1.

ESCAMAS O COCHINILLAS (Coccus viridis Green, Saissetia spp)

COMBATE

Las escamas pueden ser combatidas con aspersiones de aceite agrícola en suspensiones del 2%, pero en algunos casos que el problema persista, pueden agregarse a la mezcla cualquiera de los insecticidas recomendados para este problema (ver Anexo 1).

PIOJO BLANCO AEREO (Planococcus citri)

COMBATE

El combate de esta plaga puede hacerse mediante una aplicación de los insecticidas (Anexo 1). A las mezclas de las aspersiones se les debe agregar 20 cc de aceite agrícola por cada galón. El combate más efectivo del piojo blanco aéreo, es el que se realiza dirigido a la parte afectada al inicio de la infestación; cuando se encuentra sin recubierta cerosa; lográndose por esta razón un mejor contacto del insecticida. Otra alternativa de control son las podas sanitarias en los árboles de sombra y de los cafetales.

PICUDO DE LA HOJA, GORGOJO (Epicaerus capetillensis)

COMBATE

Solamente en caso de presentarse altas poblaciones, se pueden hacer aplicaciones de insecticidas en polvo localizadas, dirigiendo éstas al follaje de los

cafetos, utilizando los productos que se recomienda para este fin (ver Anexo 1).

BROCA DEL TALLO O BARRENADOR (Plagiohamus maculosus Bates)

COMBATE

Al inicio de las lluvias en los lugares específicos del lote, donde se presentan frecuentemente ataques de Broca del Tallo, se pueden aplicar desde la base de los tallos hasta una altura de 60 cm, cualquiera de las siguientes mezclas de insecticidas: Lebaycid 50% CE, 15 cc por galón; Diazinon 60 E, 10 cc por galón y Clorahep 3 E, 15 cc por galón.

Quando las larvas han penetrado en el tallo, se pueden detectar los cafetos atacados por el aserrín que se deposita al pie del tronco. En estos casos, para matar las larvas, se debe limpiar el hueco de entrada y con un alambre se introduce una bolita de algodón impregnado con Bisulfuro de Carbono, luego se tapa con jabón o cera; también se puede hacer una emulsión con los insecticidas recomendados (ver Anexo 1), inyectar 5 cc de la emulsión en cada orificio de entrada.

GRILLO DEL CAFE (Paroecanthus niger Sauss)

COMBATE

Generalmente, los ataques de "Grillo Indiano" se presentan en áreas localizadas; por lo tanto, para el combate de los adultos se deben delimitar las áreas donde se ha encontrado el daño y efectuar espolvoreos al suelo y lugares donde pueda refugiarse, con cualquiera de los insecticidas que se recomiendan para el chacuatete.

GUSANO DE TELA O DE MOCO (Acrolophidae)

COMBATE

Lo más conveniente para combatir esta plaga, es podar los brotes que se encuentran dañados y destruirlos, de preferencia quemándolos. También en los

lugares de la finca que abunda la plaga, cuando se podan los cafetos y los tallos cortados deben ser cubiertos con una pasta protectora, puesto que si se pudren podrían permitir la entrada del insecto. Al presentar un daño significativo y persistente, se recomienda aplicar sobre las ramas y, principalmente, sobre los brotes nuevos, Lorsban 4 E, a razón de 15 cc por galón de agua.

BROCA DEL FRUTO DEL CAFETO (Hypothenemus hampei)

Algunas medidas a tomar para evitar o contrarrestar un ataque de Broca del Fruto del Cafeto.

A. Rastreo o plaguero

El objeto del rastreo es determinar si existe Broca o no y si la población existente amerita que se tomen medidas de control, así como para evaluar si el combate llevado a cabo fue efectivo.

En las fincas libres del insecto, se debe buscar la plaga en lugares estratégicos, tales como: alrededor de viviendas, beneficios, caminos más transitados, riachuelos, campos de diversión, áreas muy sombreadas y cafetales en abandono.

Cuando conocemos que en un lote de la finca hay presencia de Broca, podemos hacer el rastreo en los meses de junio, julio y agosto de la manera siguiente: en el lote podrá efectuarse un recorrido en forma de paralelas, haciendo el plaguero un sitio de muestreo cada 25 ó 30 pasos. En cada sitio se revisarán 4 cafetos sobre el surco, a cada árbol se le escogerán 2 bandolas a las cuales se les contará el número de frutos sanos y dañados. Si el porcentaje de infestación es de un 5% o más, amerita un control químico.

B. Repela y pepena

Una vez terminada la recolección se procede a eliminar los frutos que hayan quedado en el suelo y los pendientes en la planta para que no sirvan

de alimentación y refugio al insecto. Con esta práctica evitaremos una infestación severa en la nueva cosecha. Los frutos colectados se pueden so-meter a un tratamiento con Phostoxin, a razón de 1 pastilla por cada 100 libras o a un tratamiento de agua hirviente.

C. Poda de cafetos

La poda de cafetos es necesaria realizarla no solo para propiciar nuevo crecimiento y aumentar la cosecha, sino que también para dar una mayor ventilación al cafetal y hacer un ambiente desfavorable a la Broca, por otra parte se debe realizar pensando en que los cafetos deben permitir el paso a los encargados de combatir las plagas (equipo y materiales), así como también permitir el paso del producto aplicado para que llegue al lugar donde se quiere depositar.

D. Control de malezas

La eliminación de malezas es una actividad obligada para el combate de la plaga, ya que facilita en gran medida recoger los frutos que caen al suelo.

E. Recolección de frutos prematuros

Como de todos es conocido, algunas lluvias que caen durante la época seca provocan al principio de la época lluviosa algunos frutos que comúnmente le llamamos "PREMATUROS", éstos serán la primera fuente de alimento que cuente el insecto, por ello, es necesario cortarlos para disminuir el potencial de reproducción de la plaga. Los frutos cortados se someten al proceso de agua hirviente o a un tratamiento con Phostoxin a razón de una pastilla por cada 100 libras.

f. Poda de sombra

Entre los hábitos de la Broca está el preferir los cafetales sombreados, ésto hace conveniente regular adecuadamente la sombra para afectar el desarrollo del insecto.

G. Control químico

Si el recuento indica que es necesario recurrir a un tipo de control se puede hacer uso del control químico por medio de Endosulfan 35 CE, a razón de 1.0 litros por manzana; diluido en la cantidad de agua necesaria y a cada galón de mezcla agregar 2 cc de adherente. Generalmente, 1 ó 2 aplicaciones son suficientes en los meses de junio, julio y agosto, pero nunca menos de un mes antes de la cosecha.

En los cafetales que se presenten ataques de Broca y Roya es posible combatir en forma simultánea ambos problemas, efectuando mezclas de Oxicloruro de Cobre 50% CM y Endosulfan 35 Ce en las dosis recomendadas.

H. Costo estimado de aplicación de Endosulfan (equipo motorizado)

Insumos	¢	72.00
Mano de obra 2 D/H		23.64
Depreciación de equipo		7.26
		<hr/>
T O T A L	¢	109.90
		=====

A N E X O 1

P L A G A S	A L T E R N A T I V A S D E C O N T R O L Q U I M I C O	
	PRODUCTO	D O S I S
Gallina ciega (<u>Phyllophaga sp</u>)	Volaton 2.5 G Volaton 50 CE Lorsban 2.5 G Lorsban 4 E Tokution 1.5 P Tokution 50 CE Mocap 5 G Mocap 50 Ce Counter 10 G	<p><u>Cafetal</u></p> <p>12.0 gr/m² 0.6 gr/m² 16.0 gr/m² 0.8 cc/m² 13.0 gr/m² 0.4 cc/m² 8.0 gr/m² 0.8 cc/m² 8.0 gr/m²</p> <p>Dosis para piojo de la raíz principal</p> <p>7-12 gr/plantifa 10-15 gr/plantifa 1-1.5/planta 1.5-2.5 cc/planta 2.5-3.5 cc/planta</p> <p><u>Cafetal</u></p> <p>30 gr/planta 30 gr/planta 6-7 gr/m²</p> <p>10 cc/g1 de agua 15 cc/g1 de agua 15 cc/g1 de agua</p>
Piojo Blanco de la Raíz (<u>Pseudococcus brevipes</u>) (<u>Rhyzoecus nemoralis</u>) (<u>Geococcus coffeae</u>)	Furadán o Counter 5 G Mocap 5 G Mocap 50 Ce Diazinon 60 E Endosulfán 35 Ce	<p><u>Vivero</u></p> <p>15 gr/m² 0.7 cc/m² 22.0 gr/m² 1.0 cc/m² 20.0 gr/m² 0.6 cc/m² 10.0 gr/m² 1.0 cc/m² 6-7 gr/m²</p> <p>Dosis para piojo de la raíz absorb.</p> <p>7 a 9 gr/m² 6 a 8 gr/m² 0.6 a 0.8 gr/m² 1.2 cc/m² 2.0 cc/m²</p> <p><u>Vivero</u></p> <p>2 gr/planta 2 gr/planta 1 gr/planta</p>
Nemátodos (<u>Pratylenchus coffeae</u>)	Furadán 5 G Nemacur 5 G Counter 10 G	<p><u>Vivero</u></p> <p>2 gr/planta 2 gr/planta 1 gr/planta</p>
Broca del Tallo (<u>Plagiorhynchus maculosus</u>)	Diazinon 60 E Lebaycid 50 E Lorsban 4 E	<p>10 cc/g1 de agua 15 cc/g1 de agua 15 cc/g1 de agua</p>

P L A G A S	A L T E R N A T I V A S D E C O N T R O L Q U I M I C O	
	P R O D U C T O	D O S I S
<p>Gusano de Moco Gusanos cortadores, Cuerudos, Tierreros (<u>Feltia</u> sp), (<u>Agrotis</u> sp)</p> <p>Escamas (<u>Coccus viridis</u>)</p> <p>Afidos, Pulgones (<u>Toxoptera aurantii</u>)</p> <p>Broca del Fruto del Cafeto (<u>Hypothenemus hampei</u> Ferr)</p>	<p>Lorsban 4 E Ceboso tóxicos Sevin 80% o Dipterex 95% Agregar 100 libras de maíz molido, maicillo o afecho más un galón de melaza.</p> <p>Folidol E-605 Parathion etílico 50% Gusathion 20 Ce Malathion 57% Diazinon 60 E Folidol M-48</p> <p>Diazinon 60 E Folidol E-605 Parathion etílico 50% Gusathion 20 CE Malathion 57% Folidol M-40</p> <p>Endosulfan 35 CE</p>	<p><u>Cafetal</u> 15 cc/gl de agua 5 kg</p> <p>5 cc/gl de agua 5 cc/gl de agua 5 cc/gl de agua 10 cc/gl de agua 7.5 cc/gl de agua 5 cc/gl de agua</p> <p>7.5 cc/gl de agua 5 cc/gl de agua 5 cc/gl de agua 5 cc/gl de agua 7.5 cc/gl de agua 5 cc/gl de agua</p> <p>1.0 litros/mz</p> <p><u>Vivero</u></p>

B I B L I O G R A F I A

1. ALMEDIDA, P. R. DE y ARRUDA, H. V. 1975. Combate químico ao "bicho mineiro" Perileucoptera coffeella com novos productos, em condições de campo, 1972, 1973, 1974. In Congresso Brasileiro sobre Pesquisas Cafeeiras, 2º Poços de Caldas, 1974. Resumos dos trabalhos apresentados. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, pp. 35-37.
2. ALONZO PADILLA, F. A. 1983. Biología de la Broca del Fruto del Café. In Curso sobre Lineamientos de la Broca y su control. Documentos. Nueva San Salvador, Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café, pp. 1-6.
3. _____. 1983. Control integrado, mejor alternativa para confinar y convivir con la Broca del Café (Hypothenemus hampei Ferr.). In Curso sobre Lineamientos de la Broca y su control. Documentos. Nueva San Salvador, Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café, pp. 1-6.
4. _____. 1983. Importancia de la Broca del Fruto (Hypothenemus hampei Ferr) como plaga del café. In Curso sobre Lineamientos de la Broca y control. Documentos. Nueva San Salvador, Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café, pp. 1-7.
5. EL SALVADOR. INSTITUTO SALVADOREÑO DE INVESTIGACIONES DEL CAFE. 1978. Entomología. In Resúmenes de investigaciones en café 1977-1978. Nueva San Salvador, v. 1, pp. 37-43.
6. _____. 1979. Plagas. In Resúmenes de Investigaciones en Café 1978-1979. Nueva San Salvador, v. 2, pp. 31-56.

7. GUERRERO BERRIOS, M. y HANANIA, C. A. 1979. Evaluación de plaguicidas contra el piojo blanco de la cabellera (Geococcus coffeae Green y Rhizoecoccus nemoralis Hambleton). Nueva San Salvador, El Salvador. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Boletín Técnico (Nueva Serie) N° 2, 15 p.
8. GUIDOLIM, J. A. et al. 1975. Comparação de insecticidas para controle do bicho mineiro do café, no Parana. In Congresso Brasileiro sobre Pesquisas Cafeeiras, 2°. , Poços de Caldas, 1974. Resúmen dos trabalhos apresentados. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café. pp. 15-16.
9. NATIONAL ACADEMIC OF SCIENCES. 1985. Manejo y control de plagas de insectos. Control de plagas de plantas y animales. Editorial Limusa 3a. edición, México. Editorial Limusa. Vol. 3.
10. O'FARRILL NIEVES, H. 1986. Identificación y Manejo de Plagas en las Hortalizas. Colegio de Ciencias Agrícolas, Servicio de Extensión Agrícola, pp. 5-39.
11. PAULINO, A. E., ALVARENGA, G. e PAULINO, A. J. 1976. Control químico ao ácaro vermelho do cafeeiro, Oligonychus ilicis (McGregor, 1919). In Congresso Brasileiro do Pesquisas Cafeeiras, 3°. , Curitiba, Paraná, 1975. Resúmos. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, pp. 65-68.

PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR LA EFICACIA DE LOS EQUIPOS DE
 ASPERSION PARA COMBATIR PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CAFE

Zía U. Javed*
 Armando Alabí**

INTRODUCCION

Los productos químicos agrícolas deben aplicarse de acuerdo a las medidas recomendadas para obtener un control efectivo de las enfermedades. Rociar demasiado, no solamente puede perjudicar el cultivo, sino que es un desperdicio que resulta caro. Por otro lado, rociar muy poco pudiera no dar un buen control de la enfermedad y, en la mayoría de los casos, podría aumentar el nivel de la enfermedad. Casi todas las bombas de aspersión usadas en la aplicación de fungicidas para el café se han fabricado y probado en diversos cultivos en diversas partes del mundo bajo diversas condiciones ambientales comparadas con las de Centroamérica. Por lo tanto, es importante evaluar la eficacia de todas las bombas de aspersión que podrían introducirse en los países de Centroamérica como equipo para aplicar fungicidas para el combate de la Roya u otras enfermedades del café. Algunas técnicas usadas para evaluar la eficacia de las bombas de aspersión han sido ya descritas (Mapother, 1967, Pereira, 1969). Este artículo pretende dar un breve procedimiento que podría utilizarse para evaluar la eficacia de las diversas bombas de aspersión.

TECNICAS DE EVALUACION

Antes de comenzar cualquier prueba, debe asegurarse que todos los componentes, los cuales incluyen el tanque de aspersión, la bomba, el agitador, la lanceta, la boquilla, las válvulas, el filtro y las llaves de presión estén en buenas

* Fitopatólogo de PROMECAFE

** Ingeniero Agrónomo, Jefe del Departamento de Ingeniería Agrícola, ISIC, El Salvador.

condiciones. Esto deberá hacerse físicamente, verificando todas las partes a fondo antes de realizar cualquier otra operación.

Las técnicas que podrían usarse para evaluar la eficacia de las bombas de aspersión en el café son las siguientes:

1. Revoluciones por Minuto (R.P.M.)

- En el caso de bombas motorizadas tipo mochila, las revoluciones por minuto (R.P.M.) se usan como promedio para crear cierto volumen de aire por medio de un ventilador que depende la rapidez de la manivela y del motor de dos golpes.

Esta rapidez de las R.P.M. se mide colocando la punta del TACOMETRO sobre la máquina. Existen nuevos tacómetros electrónicos disponibles que pueden usarse también para medir las R.P.M. de una bomba de aspersión.

2. Velocidad del aire y volumen de aire

Esto puede aplicarse a las bombas motorizadas tipo mochila y a las bombas que se usan en tractores para atomizar y llevar las gotitas de rocío al objetivo que se persigue. Ambas se miden con un metro de aire (anemómetro) a distancias de 0,1 y 2 metros desde el tubo de descarga de aire para establecer las mejores distancias de aspersión. La velocidad del aire se mide en centímetros por minuto (CM/min) y el procedimiento a usarse se describe a continuación:

El ANEMOMETRO se coloca junto al aspa encarando la corriente de aire que se va a medir. Se deja que el aspa de la rueda adquiera su correcta velocidad sin operar el mecanismo indicado, el que se engrana subsecuentemente moviendo el seguro, al mismo tiempo se hace funcionar un cronómetro después de un minuto, el reloj se para simultáneamente con el anemómetro. Esto se repite de tres a cuatro veces y el promedio de las lecturas

computariza, dando el número de centímetros atravesados por el aire durante el período de la prueba. De esa forma se puede determinar la velocidad en centímetros por minuto. Esto puede convertirse en kilómetros por hora (km/hr), usando la siguiente fórmula:

$$\text{km/hr} = \frac{\text{cm/min} \times 60 \text{ min}}{10^4 \times 10 \text{ cm}}$$

y, por otro lado, el volumen de aire en un minuto se mide en centímetros cúbicos (cm³/min).

La lectura (cm) obtenida del ejemplo anterior se multiplica por el área (cm²) del ducto del tubo de descarga de aire y la respuesta que se obtiene es el volumen del aire en ese punto en centímetros (cm³). En un ejemplo dado, la distancia (cm) atravesada por el aire en un minuto es (Y) y el radio del ducto del tubo de descarga de aire es (R), el volumen (V) es igual a:

$$V = iiR^2Y\text{cm}^2$$

donde ii es la relación entre la longitud del tubo de descarga y el diámetro del ducto; y es = 3.1416 o aproximadamente $\frac{22}{7}$

3. Presión

La máxima presión, que usualmente la indica una llave de presión en las bombas hidráulicas de mochila que se operan manualmente, se verifica primero y luego se ajusta de 1.14 a 2.81 kg/cm² (20-40 lb/in²). Estos límites de presión se consideran efectivos para producir la aspersión apropiada para un buen control de la enfermedad (Anon, 1980). En caso de que la bomba de aspersión no tenga una llave de presión, la presión deberá ajustarse con cualquier otra llave de presión.

4. Flujo

Generalmente el flujo o la tasa de emisión se determina para asegurar que la cantidad correcta de fungicida químico se aplique para obtener un efectivo control de la enfermedad. Se sugiere usar los siguientes métodos: se enciende la máquina (si es motorizada) y cuando ha obtenido toda su velocidad, la válvula se abre y simultáneamente se inicia el cronómetro. Después de un minuto exacto de aspersión continua, tanto el cronómetro como la válvula o gatillo se cierran simultáneamente. Luego, todo el líquido emitido durante el período de la prueba, se colecta en recipientes para ser medidos en cilindros medidores. Esto se repite de tres a cuatro veces y el promedio de la lectura se calcula dando el número de milímetros o litros por minuto, como tasa de emisión.

5. Volumen por unidad

El volumen por árbol o por hectárea se basa en el flujo. Esto puede calcularse de la siguiente manera: se selecciona en una parcela cuatro árboles de café del mismo tamaño y de similar área foliar. Se rocía cada uno de ellos por separado y a diferentes momentos. El primer árbol se rocía en 5 segundos, el segundo en 10 segundos, el tercero en 20 segundos y el cuarto árbol en 40 segundos. El rastreador fluorescente (Saturn Yellow), se usa para determinar el mejor tiempo por árbol en términos de la efectividad de la penetración de la aspersión, distribución y cobertura del material rociado y luego el mejor volumen por árbol. El volumen más apropiado por árbol se multiplica por el número de árboles por hectárea.

6. Espectro de las gotitas

La efectividad del impacto y deposición de las gotitas con cualquier bomba de aspersión en los objetivos que se pretende rociar, está gobernada por el tamaño de las gotitas. Su número por área unitaria y el empuje de lanzamiento de la bomba. Estas gotitas y su número se miden y cuentan con un microscopio ajustado con un aditamento mecánico y una partícula visora

especial. La técnica usada para medir y contar las gotitas se describe a continuación:

Una matriz compuesta por una parte de vaselina y dos partes de parafina medicinal se usa como superficie para recoger gotitas. Esta superficie se prepara mezclando vaselina prederretida (aplicándole calor) y el aceite, tal como lo describe Courshee y Byoss (1953). El líquido de la matriz se vierte dentro de un plato petri poco profundo alrededor de 2.0 mm y se deja que obtenga una consistencia como de grasa suave antes de usarse como superficie para coleccionar gotitas. El rocío se aplica luego e inmediatamente se cubre con la parafina medicinal para prevenir la reducción del tamaño de las gotitas debido a la evaporación (Yeo, 1955). Luego se miden las gotitas y se cuentan con la ayuda del microscopio.

Los parámetros usados para contar el número y tamaño de las gotitas son: el diámetro promedio de gotitas sin ninguna referencia al volumen de las gotitas (NUMBER MEDIAN DIAMETER -NMD-); el diámetro que divide el rocío en dos partes iguales por volumen (VOLUME MEDIAN DIAMETER -VMD-), una parte conteniendo gotitas más pequeñas que este diámetro y la otra conteniendo gotitas que son más grandes; y la escala del volumen (EV), que es el diámetro de 16 y 84 por ciento por volumen de rocío. Se cuenta y mide DOSCIENTAS GOTITAS (200) por plato petri.

7. Evaluación física

El uso del rastreador fluorescente (Saturn Yellow) permite una rápida evaluación de la eficacia de las bombas de aspersión. El rastreador fluorescente (Saturn Yellow) absorbe la radiación de una particular longitud de onda (ultra violeta) y emite una luz de una mayor longitud de onda (FLUORESCENCIA VISIBLE). El rastreador fluorescente (Saturn Yellow) se aplica usualmente a razón de 0.05% del volumen rociado. Este método se detalla a continuación:

- Se selecciona cuatro parcelas de dos árboles cada una de un bloque de árboles del mismo tamaño y misma área foliar. Cada parcela se rocía en diferentes momentos con el objeto de aplicar volúmenes variados para facilitar la evaluación del grado de cobertura de aspersion, originada de varios volúmenes. La primera parcela se rocía a razón de 5 segundos por árbol, la segunda parcela a diez segundos por árbol, la tercera a 20 segundos por árbol y la cuarta a 40 segundos por árbol. Nótese que este procedimiento se aplica solamente a bombas de aspersion de mochila motorizadas y manuales. Después que el rocío se seca, se obtiene muestras de seis ramas (dos hojas de cada rama), cada rama de alrededor de 30 cm de largo en seis diferentes posiciones (Fig.1 y 2) de los árboles rociados. Los lugares donde se colecta las seis muestras son: afuera arriba, adentro arriba, en medio afuera, adentro en medio, afuera de la base y adentro de la base. Se necesita ver las muestras bajo una lámpara ultravioleta en un cuarto oscuro.

Patrón de evaluación

Existen dos patrones de evaluación, los cuales pueden usarse para determinar el grado o porcentaje total de la superficie cubierta por los diversos volúmenes de rocío.

El esquema para evaluación, comúnmente usado, es el siguiente:

Patrón 8	-	Cobertura fuerte pareja
Patrón 7	-	Cobertura fuerte dispareja
Patrón 6	-	Cobertura mediana pareja
Patrón 5	-	Cobertura mediana dispareja
Patrón 4	-	Cobertura ligera pareja
Patrón 3	-	Cobertura ligera dispareja
Patrón 2	-	Cobertura de traza
Patrón 1	-	Cobertura nula o sin cobertura

Una ilustración diagramática se muestra en la Fig. 3.

- ii. Las muestras, tanto de las superficies altas como bajas, se marcan del 0 al 10, donde 10 significa el 100% de cobertura.

Estos números se dividen otra vez entre tres grupos. El primer grupo comprende del 0 al 3 y significa ligera cobertura. El segundo grupo comprende del 4 al 6 y significa cobertura media, mientras el último grupo comprende del 7 al 10 y significa cobertura fuerte. En cualquiera de los casos mencionados, las coberturas pueden estar bien o mal distribuidas sobre las superficies, dependiendo del grado de cobertura obtenida para marcar el grado de rocío cubrible. Se puede usar el Cuadro 1.

Ya que las partículas fluorescentes absorben la radiación de una particular longitud de onda (ultravioleta U.V.) y emite una luz de mayor longitud de onda (fluorescencia visible), es necesario mantener la muestra a una distancia constante de la fuente U.V. Esta distancia puede determinarse por una rápida apreciación de las muestras, antes de la evaluación real.

8. Evaluación de depósitos químicos

Se pueden usar dos métodos para determinar los depósitos químicos sobre las diversas posiciones y sitios de los árboles. Los dos métodos son el método de hoja de aluminio y la determinación usando el auto-analizador. El método de la hoja de aluminio se usa para determinar la mayoría de formulaciones de polvos mojables de fungicidas orgánicos, mientras que el auto-analizador se usa principalmente para determinar los depósitos de cobre en las hojas.

i. Método de Hoja de Aluminio

Dos hojas de aluminio cortadas en la misma forma y casi del mismo tamaño que las hojas del cafeto se colocan con alfileres dentro de cada uno de los sitios de muestreo de los árboles de café (afuera arriba, adentro arriba, en medio afuera, adentro en medio, afuera de la base y adentro de la base) después de pesarlas. El volumen requerido y la concentración se aplican luego por medio de la bomba de aspersión en los árboles de café. Después que el rocío se seca, las hojas de aluminio se remueven y se llevan al laboratorio, donde se pesan de nuevo y se determina la diferencia entre los pesos de las hojas rociadas y no rociadas. Los resultados se usan para calcular la cantidad de depósitos químicos rociados por área unitaria.

ii. Método de auto-analizador

Los depósitos de cobre se remueven de las hojas limpiando con un algodón, tanto las superficies altas como las bajas, con una solución de ácido sulfúrico normal (H_2SO_4), conteniendo 0.2% de Teepol.

La cantidad de cobre en solución es, por lo tanto, determinada calorimétricamente usando el reagente "Bis-cyclohexahone oxalyldihydrazone" (Martin, 1955). El área de la superficie de las hojas de muestra se estima usando la fórmula:

$$S = 0.48 + .65L$$

donde S es el área de la superficie y L es el producto de la longitud y el ancho de la hoja (Sleep, 1958).

REFERENCIAS

1. ANONYMOUS (1980). Control of Coffee Berry Disease and Leaf Rust. Kenya Coffee, 45, 9-13.
2. COURSHÉE, R. J. AND BYASS, J. G. (1953), A Study of Methods of Measuring small spray drop. National Institute of Agriculture Engineering Report N° 31.
3. MAPOTHER, H. R. (1967). The assessment of spray cover by means of fluorescent tracers. Kenya Coffee 32, 194-196.
4. MARTIN, J. T. (1955). Ann. Report. Long. Ashlton Research Station. 1955. pp. 98.
5. PEREIRA, J. L. (1967). Uses of fluorescent tracer for assessment of spray efficiency. Kenya Coffee, 32, 461-464.
6. SLEEP, K. C. (1958). Miscellaneous Report N° 204. Pesticide Research Unit, Arusha, Tanzania.
7. YEO, D. C. (1955). Some physical and meteorological aspects of field application of insecticides. Miscellaneous Report N° 135. Tropical Pesticide Research Institute, Arusha, Tanzania.

FORMULACIONES DE LOS HERBICIDAS

Myron Shenk*

I. INTRODUCCION

Los plaguicidas son raramente aplicados como sustancias químicas técnicas (ingrediente activo puro) debido al hecho de que muchos de los compuestos químicos son sólidos o cristales, poco solubles en agua o se aplican en una cantidad tan pequeña que sería muy difícil distribuirlos uniformemente en el área. La preparación de un compuesto técnico para su uso práctico es llamado formulación. Un compuesto químico puede ser formulado en muchas formas, según su uso final. Esto explica el hecho que haya aproximadamente 6000 herbicidas comerciales en el mercado norteamericano, representando apenas unos 180 compuestos químicos básicos (Sanders, 1983).

El objetivo principal al formular un plaguicida es el de proveer un producto que: (a) puede ser utilizado fácilmente por el aplicador; (b) que se disperse fácilmente en el "vehículo transportador" (agua o aceite); (c) que tiene facilidad para adherirse al follaje (si es un producto aplicado al follaje); (d) que presente riesgos mínimos a los usuarios; y, (e) que optimice la actividad biológica y que se pueda almacenar por períodos largos (Anderson, 1983 y van Valkenburg, 1982).

La decisión de cómo formular un plaguicida depende de muchas propiedades físicas y químicas del ingrediente activo (compuesto técnico - la porción de un plaguicida que es responsable para su actividad biológica) y de los ingredientes inertes (sin actividad biológica), el tipo de equipo utilizado en su aplicación, si es aplicado directamente sobre una planta o

* Ph. D., Oregon State University, Corvallis, Oregon, U.S.A.

aplicado al suelo y aspectos del mercado (incluyendo preferencias regionales de los usuarios) y transporte del pesticida.

Las propiedades físicas y químicas del compuesto técnico más importante incluyen solubilidad en agua y solventes orgánicos, punto de fusión, punto de ebullición, presión de vapor, degradación por la luz ultravioleta, velocidad de hidrólisis, gravedad específica y actividad biológica inherente.

Los ingredientes inertes son evaluados por su compatibilidad con el ingrediente activo, compatibilidad con el envase a ser usado y por sus propiedades físicas en la mezcla final. La mezcla final es evaluada según homogeneidad de la solución, tendencia a formar espuma, viscosidad, tamaño de gotas formadas al aplicar, retención y penetración de la solución en plantas, insectos y animales, residualidad, sitio y modo de acción y eficacia de control.

Factores económicos (disponibilidad y costo, incluyendo costos de manejo y transporte) de los ingredientes inertes y de los envases, también influyen la formulación final.

Finalmente, la región de uso puede influenciar el tipo de formulación seleccionada. Por ejemplo, muchos productores en el medio oeste de los Estados Unidos han utilizado por mucho tiempo plaguicidas granulados. En contraste, en las regiones áridas del oeste, por factores climatológicos, especialmente humedad en el suelo, los granulados son menos confiables y en consecuencia, son menos aceptados por los agricultores. En ciertas áreas de Asia el uso de varios herbicidas granulados es común, incluyendo trifluralina, 2,4-D y Butaclor. Estos herbicidas formulados como gránulo son poco conocidos en Latinoamérica.

A continuación se discutirán ciertos aspectos de la ciencia de la formulación y los diferentes tipos de formulaciones. Mucha de la siguiente

información es un resumen de las notas preparadas por el Dr. A. P. Appleby para su clase "Principios de control de malezas" en Oregon State University.

II. FORMULACIONES LIQUIDAS

1. Soluciones

En este tipo de formulación, el ingrediente activo puede ser fácilmente disuelto en agua o en aceite (solventes orgánicos), formando una verdadera solución. Una solución es una mezcla homogénea formada al disolver una o más sustancias (sólido, líquido o gas) en otra. El compuesto que se disuelve es denominado soluto y la sustancia en la cual se disuelve se denomina solvente.

En el caso de herbicidas solubles en agua, el fabricante puede proceder a disolver el compuesto en agua y venderlo como concentrado para ser diluido luego por el usuario. En general, el herbicida debe ser soluble por lo menos en un 25 por ciento, o sea, aproximadamente 250 g/l de agua para que pueda ser vendido como concentrado. Hay muchos ejemplos de este tipo de formulación, incluyendo el 2,4-D amina, Banvel (dicamba) y Tordon (picloram).

Las formulaciones de herbicidas solubles en aceite u otros solventes orgánicos, para los cuales el aceite es usado como vehículo en lugar de agua, son poco comunes. Su uso principal es para el control de malezas arbustivas o el control no selectivo en áreas no agrícolas.

2. Concentrados emulsionables

Algunos herbicidas no pueden ser disueltos directamente en agua. Sin embargo, pueden ser solubles en solventes orgánicos no polares, tales como xilol y luego mezclados con agua para formar una emulsión. Una emulsión es una mezcla en la cual un líquido es suspendido como

pequeños glóbulos o gotas en otro líquido. El tipo de emulsión más común estaría representado por gotas de aceite suspendidas en agua. Generalmente, al mezclar agua y aceite, las dos fases se separan rápidamente. Si se agrega un emulsificante (surfactante) adecuado, se formará una emulsión más estable, donde la separación de las dos fases es mucho más lenta. La razón de ésto es que, las moléculas del emulsificante se orientan alrededor de las gotas de aceite, como se indica en la siguiente figura.

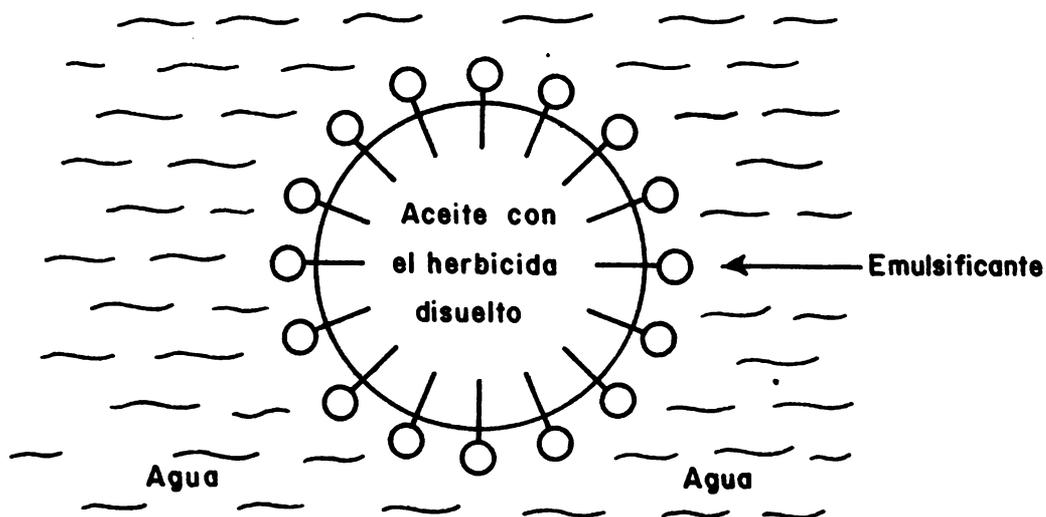


Figura 1. Gota de aceite suspendida en agua para formar una emulsión. Las moléculas del surfactante actúan como un emulsificador, ayudando a mantener la gota suspendida (impide la coalescencia con otras gotas de aceite).

La porción lipofílica del emulsificante se introduce en la gota de aceite y la hidrofílica es atraída por el agua. Mientras que las gotas de aceite permanecen pequeñas, quedarán suspendidas en el agua. Cuando se juntan (coalescencia), forman gotas más grandes que tienden a separarse del agua. El agente emulsificante evita la coalescencia. La función hidrofílica de la molécula repele a las gotas de aceite adyacentes. Por lo tanto, mantienen las gotas separadas y se forma una emulsión estable con miles de glóbulos pequeños suspendidos en el agua.

Un concentrado emulsionable consiste entonces, de un solvente no polar, el herbicida disuelto en dicho solvente y un agente emulsificante. Cuando se agrega el concentrado emulsionable (CE), se forma una emulsión estable de pequeñas gotas del solvente conteniendo el herbicida disuelto en el agua. El herbicida no ha sido disuelto en el agua, sino que simplemente está suspendido en agua por estar disuelto en el solvente orgánico. El emulsificante actúa para mantener las gotas del solvente dispersadas en el agua, tal como se presentó en la Figura 1. Se encuentran cientos de concentrados emulsionables en el mercado y se incluyen entre ellos productos tales como el 2,4-D éster, Treflan, Lazo, Goal, Bolero y muchos otros.

Supongamos que se le entrega a usted una muestra de un concentrado líquido conteniendo un herbicida: ¿cómo puede usted determinar si es un concentrado emulsionable o una solución verdadera? La respuesta es simple. Sólo vierta un poco en un recipiente con agua y agite ligeramente. Si se trata de una solución verdadera formará una mezcla clara aún cuando pueda ser ligeramente coloreada. El concentrado emulsionable, por otro lado, siempre formará una mezcla lechosa. A propósito, la leche es un buen ejemplo de una emulsión natural, donde los glóbulos de grasa son suspendidos en un medio acuoso, siendo la caseína el emulsificante.

Una de las condiciones para poder formular un compuesto como concentrado emulsionable es que sea soluble en solventes no-polares. Una solubilidad de por lo menos 12 por ciento es necesaria para producir económicamente un concentrado emulsionable. La mayor parte de ellos contiene alrededor de 25 por ciento de ingrediente activo y algunos llegan hasta un 80 por ciento.

Los concentrados emulsionables que son aplicados al follaje penetran la porción de cera de la cutícula de las hojas mejor que las otras formulaciones. Esto implica más efectividad contra malezas difíciles de controlar, pero también menos selectividad que otras formulaciones. Pueden ser aplicados con aguas duras sin reacciones adversas. Es menos probable que sean lavados del follaje por la lluvia o por riego de aspersión. Son menos abrasivos para las bombas y otras partes del pulverizador, comparados con los polvos mojables y permanecen suspendidos en el tanque por períodos más largos que éstos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la emulsión es una suspensión y como tal, requiere alguna agitación para mantenerse estable.

3. Pastas (flowables)

Esta formulación consiste en concentrados de sólidos o líquidos suspendidos en un líquido. Básicamente está compuesta de ingrediente activo + surfactante + diluyente (arcilla, etc.) + una pequeña cantidad de agua + "agente thixotrópico" (para ayudar a formar un gel), todo finamente molido (80% de las partículas de 1 a 5 μ). Al agregarla al tanque con agua y revolverla, se forma un líquido. Puede ser considerado como una pasta preparada de antemano y envasada para ser agregada al tanque. Puesto que es una suspensión, es necesario agitar bien. Lo mismo debe hacerse antes de medir la cantidad a usar del envase original.

4. Emulsiones invertidas

Al contrario de una emulsión normal, donde un aceite está suspendido en agua, esta formulación está invertida; en este caso, la fase discontinua es el agua y la continua el aceite, obteniéndose un producto similar a la mayonesa. La ventaja de este tipo de formulación es la reducción del arrastre por el viento del producto, como es frecuente en aplicaciones aéreas u otro tipo de aplicaciones que pueden resultar en excesivo desplazamiento del producto fuera de la zona deseada.

5. Volumen ultra bajo

El compuesto es utilizado sin dilución en su forma técnica en estado líquido o como concentrado emulsionable. Se aplica sin ser diluido en transportadores (agua, etc.) en atomización de pequeñas gotas. Sólo plaguicidas líquidos, no volátiles y de baja toxicidad pueden ser usados. Es necesario equipo especial y, en muchos casos, coadyuvantes especiales para reducir la evaporación de las gotas. Bajo volumen permite tratar muchas hectáreas con una sola carga y frecuentemente, manifiesta más actividad debido a la falta de material inerte.

6. Encapsalados

En este caso, pequeñas cantidades de herbicidas son contenidos en cápsulas, las que posteriormente se suspenden en líquidos. Este concentrado puede ser mezclado con agua y aplicado con una aspersora común.

El objetivo de esta formulación es obtener una liberación controlada y lenta del herbicida por un cierto período de tiempo para prevenir una excesiva pérdida por evaporación, lixiviación o degradación.

Varios polímeros (plásticos) están bajo estudio para uso en formulaciones de plaguicidas de liberación controlada. El pesticida se mezcla con el "plástico" cuando éste está todavía en forma líquida. A medida que el plástico se "endurece", el plaguicida queda atrapado en pequeños compartimientos para ser liberado poco a poco, a medida que el plástico se descompone.

III. FORMULACIONES SECAS

1. Polvos solubles

Los herbicidas formulados como polvos solubles son vendidos como sólidos en polvo, para luego ser mezclados con agua. Aditivos pueden ser agregados a los productos solubles en agua para mejorar su aplicación y efectividad. Comúnmente se agregan humectantes y surfactantes para impedir la precipitación en aguas duras. Dos ejemplos de polvos solubles son Dalapón y TCA. Paraquat técnico es un polvo soluble, que el fabricante disuelve en agua y vende el concentrado para diluir en más agua.

Generalmente, la proporción de ingrediente activo oscila entre 50 y 85 por ciento y el resto corresponde a los aditivos diluyentes. La mayor ventaja de los herbicidas solubles en agua es que son relativamente baratos y no requieren agitación en el tanque de la aspersora una vez que se han disuelto. Sin embargo, los siguientes problemas pueden presentarse al usar este tipo de formulaciones:

- a. Pueden reaccionar con aguas duras formando precipitados que tapan los filtros y orificios de las boquillas y mangueras del equipo y/o reducen la fitotoxicidad del herbicida.
- b. El ingrediente activo a veces no penetra en el follaje en forma adecuada. Esto puede ser debido a la excesiva tensión superficial propia del agua, lo cual aumenta la posibilidad de formación de cristales en la superficie de las hojas al evaporarse el agua. Esta penetración diferencial puede ser deseable cuando la selectividad del compuesto se basa en una retención diferencial de la solución asperjada, pero puede causar fallas cuando se busca que el tratamiento controle todas las especies o si las malezas que se desean controlar tienen una considerable cubierta de

cera. La adición de un surfactante puede resolver estos problemas.

- c. Productos aplicados a la superficie del suelo pueden ser fácilmente perdidos por lixiviación en el mismo, siendo Paraquat una notable excepción. Esto puede ser ventajoso cuando se aplican para controlar malezas perennes con raíces profundas. Sin embargo, cuando se pretende una aplicación pre-emergente selectiva, esto no es deseable, pues el herbicida puede ser lixiviado por el agua de lluvia o riego, causando una pérdida del compuesto o daño al cultivo.

2. Polvos mojables

Algunas veces, un nuevo herbicida no es suficientemente soluble en agua ni en solventes orgánicos y en tales casos, puede ser finamente molido para formularse como polvo mojable. Se define un polvo mojable como un polvo que fácilmente forma una suspensión en agua.

La formulación se obtiene al impregnar un material inerte, como arcilla, con el producto técnico y se agrega un humectante y un dispersante a la formulación. El humectante ayuda a mojar el producto técnico cuando se agrega al agua, de manera que no flote en ella. El dispersante hace que las partículas se dispersen en la fase acuosa. El típico polvo mojable de 50 por ciento de ingrediente activo puede contener además, 42 por ciento de arcilla + 2 por ciento de humectante + 2 por ciento de dispersante + 4 por ciento de impurezas.

Los polvos mojables no son soluciones sino suspensiones y por lo tanto, necesitan considerable agitación para evitar precipitación. Por ejemplo, imaginemos limo suspendido en el agua de un río. Mientras se mantiene la turbulencia, los sólidos permanecen en suspensión, pero al parar la agitación, el sólido sedimenta.

Los polvos mojables generalmente tienen menor actividad foliar. Cuando se aplican al suelo requieren suficiente humedad para activación (entrar en la solución del suelo). Tienden a ser abrasivos para las bombas y boquillas. Debido a que por lo general, contienen alto porcentaje de ingrediente activo y no se necesitan ni solvente ni envases metálicos, el costo por unidad de ingrediente activo tiende a ser más bajo que muchas otras formulaciones.

Los polvos mojables deberán ser mezclados con una pequeña cantidad de agua para formar una pasta antes de mezclarlos con el agua del tanque. Esto favorece la dispersión en el agua, así como asegura una suspensión homogénea.

3. Gránulos

Formulaciones granulares contienen de 2 a 20 por ciento de ingrediente activo en forma de gránulos para aplicaciones directamente sobre el objetivo. Se los prepara impregnando materiales inertes tales como arcilla, residuos vegetales (marlos o cáscaras de nueces, etc.) con el herbicida. Las partículas son cernidas de tal forma que la mayor parte está entre un tamaño de malla de 15 y 40*. El equipo necesario para aplicar granulados es más barato que el utilizado para pulverizaciones.

Los gránulos pueden pasar sin adherirse a la cubierta vegetal en aplicaciones post-emergente y llegar fácilmente al suelo. Pueden liberar herbicidas durante cierto período lo cual, en ciertas circunstancias, puede ser deseable. El desplazamiento fuera del área deseada es mínimo.

* Huecos por pulgada lineal formados por alambres cruzados. En contraste, el tamaño de los polvos mojables está alrededor de una malla 300 (40 μ m).

El costo por unidad de ingrediente activo, sin embargo, tiende a ser mayor cuando se compara con otras formulaciones. La uniformidad de distribución es generalmente inferior a la obtenida con otras formulaciones, puesto que los gránulos pueden rodar o ser llevados por el viento hacia el centro de los surcos, lo cual aumenta la concentración en esta zona.

Los herbicidas que requieren relativamente más agua para su activación en el suelo, pueden ser menos efectivos cuando se los aplica como granulados, si no hay bastante humedad, especialmente en la superficie del suelo.

4. Pellets

En esta formulación, las partículas son más grandes que los gránulos y se emplean para tratamientos en manchones. Muchos pellets son formulados en materiales solubles en agua, tales como boratos en lugar de impregnar el herbicida en materiales inertes e insolubles, tales como en los granulares. Tienen las mismas ventajas y desventajas de los granulados.

IV. INGREDIENTE ACTIVO VRS EQUIVALENTE ACIDO

Ingrediente activo

Como se ha indicado, muy pocos pesticidas son aplicados como una sustancia química pura. El producto comercial que se aplica es una mezcla de ingrediente activo y los ingredientes inertes.

Para muchos herbicidas, el ingrediente activo es una molécula química no alterada. Sin embargo, en otros casos, se modifica la molécula básica para impartirle alguna característica no herbicida para mejorar su comportamiento; por ejemplo, mayor solubilidad lipofílica para mejorar su penetración foliar o modificar su solubilidad o su pH para mejorar su transporte

en la planta, etc. Normalmente, estas modificaciones son hechas con herbicidas cuya molécula básica es un ácido. Así, la porción ácida de la molécula es transformada a una sal o un éster con sustituciones apropiadas del hidrógeno (H⁺) del grupo carboxílico, por ión metálico o por reacciones de este grupo con un alcohol.

Cualquier sustitución del hidrógeno resultará en una molécula más grande (el peso molecular aumentará) y así, en un volumen determinado habrá menos moléculas de la nueva formulación. Aparentemente, la porción ácida parental de la molécula básica es responsable del efecto herbicida de la molécula. Entonces, para comparar la cantidad de "herbicida activo" en diferentes formulaciones, se resta la porción sal o éster de la molécula.

El siguiente cuadro muestra el peso molecular y porcentaje de ácido de varias formulaciones de 2,4-D.

CUADRO 1. PESO MOLECULAR, EQUIVALENTE ACIDO Y GRAMOS DE FORMULACION/100 GRAMOS DE EQUIVALENTE ACIDO DE VARIAS FORMULACIONES DE 2,4-D.

FORMULACION	PESO MOLECULAR	EQUIVALENTE ACIDO	GRAMOS/100 g DE ACIDO
2,4-D Acido	221	100	100
Sales de 2,4-D			
Amonio	238	92,4	108
Sodio	243	90,5	110
Dimetil amina	266	82,7	147
Esteres de 2,4-D			
Isopropilo	263	83,7	119
Isooctílico	333	66	152

Así, entre investigadores o en reportes técnicos, se debe expresar la dosificación como equivalente ácido para que la información de distintos experimentos sea comparable. Si los datos que se presentan refieren a productos comerciales (diversas formulaciones del mismo compuesto básico), la información no es comparable dado que cada formulación comercial puede contener una cantidad diferente del principio activo. Generalmente, el fabricante muestra en la etiqueta la cantidad de ingrediente activo (ia) e ingredientes inertes y el equivalente ácido (ea). En el siguiente ejemplo de una fracción de una etiqueta, nótese que el porcentaje de ingrediente activo es 63,2, mientras el equivalente ácido es sólo 43,5 por ciento.

Ingrediente activo:

Ester butoxietanol del ácido 2,4-diclorofenoxiacético	63,2%
Ingredientes inertes:	36,8%
Equivalente ácido*:.....	43,5% (en peso), o sea 480 gramos /litro

(Tenga cuidado de no suponer que 43,5% equivale a 435 g/l. A veces se expresa el contenido en peso de ia, o ea por peso de la formulación comercial (p/p) o el peso de ia o ea por volumen de formulación comercial (p/v). El peso específico del producto comercial afectaría la cantidad de producto).

Se puede calcular el equivalente ácido como sigue:

$$ea = \frac{\text{peso molecular de la forma } \text{ácida-1}}{\text{peso molecular de la forma sal o éster}} \times 100$$

* Equivalente ácido de ácido 2,4-diclorofenoxiacético es 43,5% por peso o 480 g/l.

Por ejemplo, el peso molecular del 2,4-D ácido es 221 y el del éster butoxietanol del 2,4-D es 321. El porcentaje de esta última formulación = $220/321 \times 100 = 68,5\%$ por peso.

Si fuera necesario convertir la cantidad del ia/ha a ea/ha, se multiplicará la dosis en ia/ha por el porcentaje de ea. Por ejemplo, supongamos que alguien reportó que con 1,5 kg ia/ha del éster butoxietanol de 2,4-D, logró eliminar una especie de malezas que es problemática en su finca. Usted quiere saber la cantidad a aplicar de la formulación que usted tiene para aplicar en la misma dosis. La etiqueta indica que el producto suyo contiene 360 g ea/l. Se puede determinar el peso molecular del éster butoxietanol, estableciendo que contiene 68,5% ea. Después, se multiplicará el contenido de ia por el porcentaje de ea determinado que se aplicó 1,03 kg ea/ha: $1,5 \text{ kg ia/ha} \times 0,685 \text{ ea/kg de ia} = 1,03 \text{ kg ea/ha}$.

V. COADYUVANTES (ADITIVOS)

Hay una gran confusión de terminología sobre los coadyuvantes. Muchas personas usan sin distinción los términos coadyuvante, surfactante, emulsificante, pegante, etc. Mientras que todos estos tipos de aditivos son coadyuvantes. No todo coadyuvante es un surfactante, ni emulsificante, ni pegante, etc. Los coadyuvantes pueden ser definidos como aditivos que "facilitan la acción de un herbicida (un plaguicida), facilitan o modifican las características de las formulaciones de los herbicidas (plaguicidas) o soluciones asperjadas" (McWhorter, 1982). Los coadyuvantes están presentes en casi todos los plaguicidas, pero la siguiente discusión será limitada a su uso en los herbicidas.

Coadyuvantes pueden ser clasificados en varias formas. McWhorter (1982), los agrupa según su uso o tipo de acción que ejercen: (a) activadores (incluyen surfactantes, humectantes, penetrantes y aceites); (b)

modificadores de la solución asperjada (incluyendo pegantes, esparciadores, modificadores de la deposición, agentes para aumentar el espesor de la solución asperjada, agentes para reducir la evaporación, espumas); y, (c) modicadores de la utilidad del herbicida (incluye emulsificantes, dispersantes, estabilizadores, cosolventes, agentes de compatibilidad y los "buffers" para ajustar la acidez de la solución.

Como pueden apreciar, esta clasificación puede ser discutida y sin duda modificada, según preferencias personales. Sin embargo, nos da una idea de la gran diversidad de coadyuvantes disponibles y enfatiza la necesidad de entender lo significado al emplear estos términos.

A continuación se discutirán algunos coadyuvantes específicos.

1. Surfactantes

La palabra "surfactante" proviene del inglés y significa "agente que actúa sobre superficies" (surface, active, agent). En otras palabras, son sustancias que modifican la relación entre dos superficies o en las interfases entre dos líquidos o entre un líquido y un gas o un sólido. Las relaciones que existen entre superficies incluyen un líquido con otro líquido, un líquido con un sólido, un líquido con el aire y un sólido con el aire. Las moléculas de surfactantes tienen dos segmentos, uno lipofílico y uno hidrofílico, tal como lo ilustra la figura siguiente:

Hidrofílico

Lipofílico

La parte lipofílica está generalmente formada por hidrocarburos de cadena larga o anillos del tipo del benceno con baja solubilidad en agua y alta en aceites. La parte hidrofílica tiene una gran afinidad por el agua.

Las principales clases de surfactantes son: aniónicos, catiónicos y no-iónicos. Esta descripción está basada en la estructura química de la porción hidrofílica de la molécula. Surfactantes aniónicos ionizan en el agua dando una fracción hidrofílica cargada negativamente y los catiónicos ionizan dando una fracción hidrofílica positivamente cargada. Estos dos grupos pueden ser útiles para casos específicos, pero pueden reaccionar con impurezas en los líquidos a pulverizar, dando por ejemplo precipitados con aguas duras. Los surfactantes más comúnmente usados en la agricultura son los no-iónicos, fáciles de usar, no tóxicos y no son afectados por aguas duras.

A continuación se ilustra un ejemplo de cada tipo mencionado:

a) Aniónicos	$C_{17}H_{35}$	0 C - O ⁻	Na ⁺ Estearato de sodio
b) Catiónicos	$C_{16}H_{33}$	+ N(CH ₃) ₃ ⁺	Br Cetil trimetil Bromuro de amonio
c) No-iónicos	$C_{12}H_{25}$	O(CH ₂ CH ₂ O) ₂₃ H	Oxido polietilénico de alcohol laurílico

La porción lipofílica está a la izquierda de la línea vertical, la hidrofílica, a la derecha.

Un surfactante específico puede tener diferentes características: humectante, dispersante, emulsificante, detergente, etc. Algunos de ellos están directamente relacionados con productos comerciales. Humectantes son adicionados a los herbicidas con el propósito de extender las gotas sobre la superficie de las hojas, aumentando así la cobertura y la penetración del herbicida.

Una gota

Superficie de la hoja

Sin humectante

Con humectante

Todos los detalles de este proceso no se entienden claramente todavía. Se sabe sin embargo, que una máxima reducción de la tensión superficial puede ser obtenida con concentraciones de humectante menores que 0.1 por ciento. Esto significa que un aumento en la proporción de humectante, por encima de este valor, no resultará en un incremento en la expansión de la gota. Sin embargo, se ha observado también que la absorción y efectividad de muchos herbicidas aumentan con la adición de humectantes por encima de 0.1 por ciento. Esto significa que hay otras formas en las cuales los surfactantes aumentan la absorción y actividad del herbicida más allá de la simple reducción de la tensión superficial. Es común encontrar un surfactante específico ideal para un herbicida, actuando en una especie determinada. Esto complica las recomendaciones sobre herbicidas que pueden ser usados en un amplio rango de malezas. Como resultado, las recomendaciones generalmente incluyen unos pocos surfactantes conocidos que han demostrado aceptable comportamiento sobre un amplio rango de herbicidas y especies.

Detergentes domésticos son diseñados para usos completamente diferentes y, generalmente, son considerados de menor efectividad como aditivos para herbicidas.

2. Espuma

Algunos surfactantes han sido diseñados para ser usados en la aplicación de herbicidas en forma de espuma. Son agregados a soluciones normales y luego pulverizados a través de boquillas generadoras de espuma. El principal propósito es la reducción de la deriva por el viento. Otras ventajas son: (1) la reducción de escurrimiento de la superficie foliar; (2) la prolongación del secado en las hojas; y, (3) la mejor o más precisa ubicación del herbicida. En este caso, el surfactante actúa en la interfase agua-aire en lugar de la interfase aceite-agua en que actúan los emulsificantes.

3. Aceites

Los aceites han sido usados en aplicaciones herbicidas por varios años. Pueden ser clasificados en tres categorías:

- a. Fitotóxicos no selectivos: son aceites pesados con alto grado de insaturación (muchos de doble y triple enlaces) y su alto grado de insaturación hace que las moléculas sean fácilmente sulfonadas, proporcionando un bajo residuo no sulfonable o, en otras palabras, tienen un alto índice de sulfonación. Estos aceites son generalmente adicionados a herbicidas de acción rápida usados en las orillas de carreteras, canales, etc. Aceite diesel (ACPM) es un buen ejemplo.
- b. Fitotóxicos selectivos: generalmente no son aditivos, puesto que, pueden ser usados directamente sin mezclarlos con agua o

La porción lipofílica está a la izquierda de la línea vertical, la hidrofílica, a la derecha.

a) Aniónicos	$C_{17}H_{35}O_2^-$	Na^+	Estearato de sodio
b) Cationicos	$C_{16}H_{33}N(CH_3)_3^+$	Br	Cetil trimetil bromuro de amonio
c) No-iónicos	$C_{12}H_{25}O(CH_2CH_2O)_2H$		Oxido polietilénico de alcohol laurílico

A continuación se ilustra un ejemplo de cada tipo mencionado:

La parte lipofílica está generalmente formada por hidrocarburos de cadena larga o anillos del tipo del benceno con baja solubilidad en agua y alta en aceites. La parte hidrofílica tiene una gran afinidad por el agua. Las principales clases de surfactantes son: aniónicos, catiónicos y no-iónicos. Esta descripción está basada en la estructura química de la porción hidrofílica de la molécula. Surfactantes aniónicos ionizan en el agua dando una fracción hidrofílica cargada negativamente y los catiónicos ionizan dando una fracción hidrofílica positivamente cargada. Estos dos grupos pueden ser útiles para casos específicos, pero pueden reaccionar con impurezas en los líquidos a pulverizar, dando por ejemplo precipitados con aguas duras. Los surfactantes más comúnmente usados en la agricultura son los no-iónicos, fáciles de usar, no tóxicos y no son afectados por aguas duras.

la selectividad que había sin el aditivo. Por otra parte, puede ser que el aditivo sea antagónico al herbicida y el control de malezas resulte pobre. Es mejor seguir las recomendaciones de los fabricantes de herbicidas en cuanto al uso de estos productos.

LITERATURA CONSULTADA

- ANDERSON, W. P. 1983. Formulations and surfactants. Páginas 307-337 En Weed Science Principles. Second edition. West Publishing Co. St. Paul.
- FUÉNTES, C. L. y A. L. DE ROMAN. 1980. Los surfactantes: clases, propiedades y uso con herbicidas. Guía de estudio. Serie 04SW-01.09. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- HATZIOS, K. y D. PENNER. 1985. Interactions of herbicides with other agrochemicals in higher plants. Reviews of weed science 1:1-63.
- KANEKO, T. M. y L. D. SPICER (eds). 1985. Pesticide formulations and application systems: Fourth Symposium ASTM Special Technical Publication 875. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA.
- MATTHEWS, G. A. 1979. Pesticide application methods. Longman, London.
- McWHORTER, C. G. 1982. The use of adjuvants. Páginas 10-25 En Adjuvants for herbicides. Weed Science Society of America. Champaign, Ill.
- NACIONES UNIDAS. 1983. Formulation of pesticides in developing countries. United Nations Industrial Development Organization. Naciones Unidas. New York.
- SANDERS, H. J. 1981. Herbicides. Special Report Chemical and Engineering News. 59(31):20-35.
- SEYMOUR, K. G. (ed). 1983. Pesticide formulations and application systems: second conference. ASTM Special Technical Publication 795. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA.

VAN VALKENBURG, J. WADE. 1982. Terminology, classification and chemistry.
Páginas 1-9 En Adjuvants for Herbicides. Weed Science Society of America.
Champaign, Ill.

"FACTORES QUE AFECTAN A LOS HERBICIDAS APLICADOS AL FOLIAJE

Myron Shenk*

Para que los herbicidas aplicados al follaje sean eficaces hay una serie de factores que son necesarios: contacto con la planta, retención sobre la hoja, movimiento al sitio de acción; y permanencia en su forma tóxica por un tiempo suficientemente largo para ejercer su efecto fitotóxico. El conocimiento de estos factores permite un manejo correcto de la aplicación de herbicidas, aumentando así la probabilidad de un control más eficaz de las malezas.

1. Contacto con la planta

A pesar de ser tan obvio que esto debe ocurrir para que la aplicación del herbicida sea eficaz, es sorprendente la frecuencia con que se encuentran aplicaciones incorrectas en el campo. Se pueden citar por lo menos tres o cuatro causas que impiden que cantidades suficientes del herbicida lleguen a la planta por controlar: deriva por el viento; volatilización del material; protección por plantas más altas; exceso de agua en la planta durante o inmediatamente después de la aplicación.

La deriva por viento consiste en el movimiento de las partículas de la solución (agua y herbicida) hacia otras áreas y/o cultivos fuera de lo deseado. Generalmente, el uso de boquillas con orificios grandes y presiones bajas reducen el problema de la deriva porque dan gotas más grandes. El Cuadro 1 muestra la importancia del tamaño de la gota en la deriva.

Hay dos factores principales que afectan el tamaño de las gotas producidas con equipo hidráulico de aspersión, sea bombeado mochila o bomba motorizada.

* Ph. D., Oregon State University, Corvallis, Oregon, U. S. A.

CUADRO 1. TAMAÑO DE LAS GOTAS Y SU EFECTO EN LA DERIVA Y NUMERO DE GOTAS/cm² AL APLICAR 1 l/ha
(GRAVEDAD ESPECIFICA DE 1,0)

DIAMETRO DE GOTA (MICRONES)	TIPO DE GOTA	TIEMPO PARA CAER 3m CON AIRE EN REPOSO	DISTANCIA GOTA VIAJARA AL CAER 3m CON BRISA DE tKPH	Nº DE GOTAS POR cm ² AL APLICAR 1 l/ha
1	Neblina	28,1 h	140,5 km	19098600
10		16,9 min	1,4 km	19099
20	Aerosol	4,2 min	350,0 m	2387
50		40,5 seg	56,3 m	153
100	Llovizna	10,9 seg	15,1 m	19
200		4,2 seg	5,8 m	2,4
500	Lluvia fina	1,7 seg	2,3 m	0,153
1000	Lluvia moderada	1,0 seg	1,4 m	0,019

Adaptado de Matthews, 1979 y Klingman, et al, 1982

Estos son: tamaño y forma del orificio de la boquilla y la presión de aspersión. Algunos otros factores que son importantes incluyen la viscosidad del vehículo (líquido), temperatura y humedad relativa. Con aspersoras de disco rotativo, también llamadas aspersoras para "aplicación de gota controlada", la velocidad de rotación y el diseño del disco determinan el tamaño de la gota. Los otros factores mencionados arriba pueden afectar también el tamaño de gota producida con este equipo.

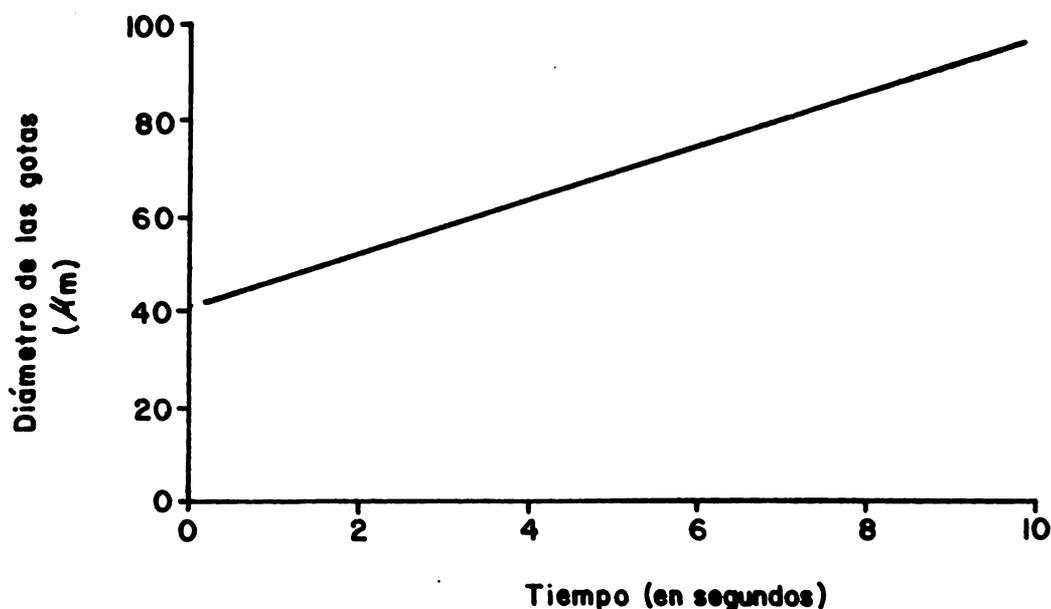
Según el manual de aspersión de la compañía Spraying Systems (Catálogo 37), con una boquilla "Tee Jet", orificio 8003, a una presión de 1.4 kg/cm^2 , el Diámetro Volumétrico Mediano (DVM) sería unos 425 micrones (μm). Esta cifra baja a 390 y $375 \mu\text{m}$ al aumentar la presión a 2,8 y a $4,2 \text{ kg/cm}^2$, respectivamente. Por definición el DVM es el punto donde 50% del volumen del líquido asperjado consiste en gotas con un diámetro mayor que el DVM y 50% del volumen consiste de gotas con un diámetro menor.

McGarvey, et al (1979), determinaron que una boquilla Tee Jet 8002, a una presión del 1 kg/cm^2 , produjo un DVM de $273 \mu\text{m}$. A una presión de 3 kg/cm^2 , el DVM fue $192 \mu\text{m}$. Diámetro Numérico Mediano (DNM) es aquel diámetro donde la mitad del número total de gotas es menor y la mitad del número total de gotas es mayor que el DVM. El DNM no tiene referencia al volumen. Pero ambos, el DVM y DNM, son afectados por la proporción de gotas grandes y pequeñas respectivamente. La razón entre estos dos parámetros puede ser un indicador del rango de tamaños de las gotas. Cuanto más uniforme es el tamaño de las gotas, más se aproxima esta razón a uno.

En el caso citado de McGarvey et al, (1979), de mayor significancia fue el hecho de que el porcentaje de gotas con un diámetro menor que $50 \mu\text{m}$, aumentó de 58,8% a 90,8% al aumentar la presión a 3 kg/cm^2 . Los autores afirman que si se utiliza agua como vehículo, hay que evitar gotas menores de $100 \mu\text{m}$ porque gotas tan finas evaporan con tanta rapidez que su eficacia disminuye considerablemente. Gotas muy finas casi nunca se depositan

sino que son llevadas por corrientes de aire hasta que se pierden (Matthews, 1979). Se calcula que en equipos hidráulicos comunes, hasta 40% del caldo aplicado se pierde en esta forma. Las boquillas corrientes tienen el gran defecto de producir gotas con tamaños muy variados; desde menores que 50 μm hasta 800 μm . El Gráfico 1 muestra el tiempo necesario para que gotas de varios tamaños pierdan 90% de su volumen mediante la evaporación (adaptado de Freed, 1979).

GRAFICO 1. TIEMPO EN QUE LAS GOTAS DE DIVERSOS TAMAÑOS PIERDEN EL 90% DE SU VOLUMEN A 25,6°C y 70% DE HUMEDAD RELATIVA.



De estos datos se deduce que con mayor presión se aumenta el número de gotas finas, así aumentando el riesgo de deriva. Por eso, se recomienda que la presión no sea mayor de 2,8 kg/cm^2 para la aplicación de herbicidas.

Se pueden agregar productos especiales al caldo para reducir la deriva. El riesgo de deriva es mayor al aumentar la velocidad del viento. También hay mayor peligro de deriva a medida que se aumenta la distancia de las boquillas sobre la superficie del suelo. Estos dos factores son muy importantes en aplicaciones aéreas. En general, no se deben aplicar herbicidas si la velocidad del viento pasa los 10 kph, porque es inevitable que haya deriva y la aplicación será poco uniforme.

La volatilización del material se refiere al cambio de estado líquido o sólido a gaseoso (la tendencia de un producto a evaporarse). Esto ocurre a veces antes de llegar a la planta sobre todo con aplicaciones aéreas. La cantidad de vapor producido está relacionada con la presión de vapor del producto químico, la cual está íntimamente relacionada con la estructura molecular de este producto químico. En general, la volatilización aumenta a medida que aumenta la temperatura del ambiente.

Gotas muy finas tienden a perderse rápidamente, lo que obliga a agregar aceites especiales al caldo para retardar la volatilización; cuando se aplican plaguicidas con algunos equipos de bajo y ultra bajo volumen, se producen gotas con diámetros menores de 100 micrones (μm). Nuevamente, gotas menores de 100 μm de diámetro pierden su volumen rápidamente y pierden eficacia, si no se utilizan estos agentes especiales.

La "deriva de vapor" es el movimiento de estos vapores producidos. Los vapores pueden dañar cultivos susceptibles o pueden simplemente reducir a través de las pérdidas, la eficacia del tratamiento químico.

Se debe establecer que la deriva puede ocurrir en dos formas: física y gaseosa. Se denomina deriva física al movimiento de las gotas asperjadas como resultado del arrastre por el viento. Mientras que el movimiento del material en forma de gas (vapor) como resultado de la volatilización es

"deriva gaseosa" (de vapores). A veces, quienes han causado daño a un cultivo vecino sostienen que no son responsables aunque saben que han aplicado un producto volátil y no han pensado en el factor viento, lo cual llevó vapores a un cultivo susceptible. Es común que al aplicar herbicidas de contacto o herbicidas sistémicos, las gotas de la aspersion sean llevadas físicamente fuera del campo de donde son aplicadas. Sin embargo, el potencial para daños fitotóxicos a mayores distancias es mayor con herbicidas volátiles.

A menudo, el producto no es eficaz debido a la protección proporcionada por la cobertura de plantas más altas que pueden ser del mismo cultivo u otras plantas. Es importante usar una cantidad suficiente de caldo para mojar estas plantas bajas. A veces hay problemas en cuanto a la acción de herbicidas de contacto ya que hay malezas que escapan al control. Frecuentemente, la razón es que el herbicida entró principalmente en contacto con las plantas más altas y al morir éstas, las que no fueron alcanzadas por la aplicación siguen creciendo y, en poco tiempo, el campo estará infestado de nuevo. Este factor no es tan importante en el caso de los herbicidas transportados, capaces de llegar al sitio de acción, aún cuando la aplicación haya sido algo deficiente. En tales casos se puede usar una boquilla con orificio más grande y ajustar la presión a un nivel más alto (máximo $2,4 \text{ kg/cm}^2$) para mejorar la cobertura. Esto aumentaría la cantidad de agua/ha que se utilizaría si se mantiene la misma velocidad. Otros sugieren que se intente orientar las boquillas más hacia estas malezas protegidas y que se aplique una mayor cantidad de agua. Sin embargo, una cantidad excesiva puede aumentar la escorrentía (pérdida) del producto, tal como aumentar el costo de la aplicación.

Un factor relacionado con el último punto es el concepto de la distribución de la solución herbicida sobre la superficie de la hoja. En el caso de los herbicidas de contacto, es importante que virtualmente toda la

superficie de la hoja esté cubierta por el herbicida. En el Cuadro 1, se aprecia que con gotas muy finas, hay mejor cobertura de la hoja con el herbicida (mayor número de gotas/cm²). Por ejemplo, al aplicar un litro por hectárea con gotas de 50 μ m de diámetro, teóricamente habrán 153 gotas/cm². Con gotas de 500 μ m, quedará menos de una gota/cm². El control de malezas sería muy deficiente en este último caso, si se estuviera aplicando un herbicida de contacto.

2. Retención sobre la hoja

Una vez que el herbicida llega a la hoja, debe permanecer sobre ella por suficiente tiempo para ser absorbido. La retención foliar es afectada por varios factores. Al respecto, la morfología de la planta juega un papel importante. Si las hojas son anchas y horizontales, las gotas no caen de la hoja con la misma facilidad que cuando las hojas son erectas y angostas. Igualmente, si la superficie de la hoja es cerosa, las gotas rodarán con mucha facilidad. Como ejemplo se puede comparar Scirpus spp. con Ipomoea spp. La primera es vertical y cerosa con mínima área foliar, mientras que la segunda presenta hojas anchas y horizontales sin cera.

Otro aspecto importante se refiere a las características de la solución. Se pueden agregar "aditivos" o "coadyuvantes" con propiedades adherentes o pegantes que actúan para mejorar el contacto entre el producto aplicado y la planta, especialmente con bajo volumen de agua. En cambio, con alto volumen de agua, el surfactante puede favorecer el lavado (la escorrentía) del herbicida al suelo.

La volatilidad de herbicidas también debe mencionarse. Algunos productos pueden ser tan volátiles que se evaporan antes de haber penetrado la hoja. Tal vez el EPTC sería un herbicida eficaz en post-emergencia, si no fuera tan volátil. Condiciones ambientales que aceleran la evaporación/volatilización son temperaturas altas, humedad relativa baja y viento.

Otro factor que afecta la retención de herbicidas en las plantas es la cantidad de agua que hay en la superficie, sea rocío, lluvia o una cantidad exagerada de agua usada en la aplicación. Si hay mucho rocío en las plantas al aplicar el herbicida, éste se une con el agua aplicada y es lavado de la superficie tratada. La mayoría de los herbicidas aplicados al follaje requieren un mínimo de tres hasta seis horas sin lluvias para mayor eficacia. Los adherentes o pegantes pueden reducir el lavado por lluvias, ya sea mejorando la retención física o aumentando la velocidad de penetración del producto en la planta. En un estudio realizado por Freed y Montgomery (1958) se mostró que la cantidad de amitrole absorbido 24 horas después de la aplicación fue 13% sin surfactante y 78% con surfactante. Evans y Eckert (1965), también reportaron que el control de Bromus tectorum L. con Paraquat fue 12% sin surfactante y hasta 94% con surfactante, a una concentración de 0,06 hasta 0,12.

Una cantidad excesiva de agua en la aplicación también puede resultar en el lavado del producto. Normalmente se recomiendan de 250 a 500 litros de agua por hectárea cuando se usa bomba de mochila. Una cifra mayor se recomienda en casos de aplicaciones en condiciones de mucha vegetación para mojar las plantas más pequeñas, las cuales son protegidas por plantas de porte alto.

3. Penetración en la hoja

En general, las hojas representan el sitio más importante de absorción de los herbicidas aplicados al follaje, aunque se sabe que la absorción también ocurre en los tallos y en las yemas. Los herbicidas pueden entrar a las hojas por ambos lados, el haz y el envés. Generalmente, el envés es más permeable por tener la cutícula más delgada, pero se deposita poco herbicida aquí. Existe mucho por investigar todavía sobre la penetración de los productos a través de las hojas, lo cual depende mucho de la especie bajo estudio, edad y estado fisiológico de la planta, condiciones del

medio ambiente, tipo de molécula del herbicida que se aplique, presencia de coadyuvantes y cantidad y calidad de agua (u otro portador/vehículo) utilizado en la aplicación.

Además, es bueno acordarse que la absorción foliar no es completa hasta que el herbicida haya llegado hasta el citoplasma (Anderson, 1983). Para facilitar la comprensión de esta discusión se presentan unas definiciones simples (Ross y Lembi, 1985).

Pared celular: es la estructura no viviente que encierra el protoplasto; está compuesta principalmente de "fibras" de celulosa. Su función más importante es la de proveer estructura y rigidez para las células. No presentan una barrera a la entrada de la mayoría de las moléculas al citoplasma.

Citoplasma. La savia de la célula. La porción viva del protoplasto, excluyendo la membrana celular.

Protoplasto: son las partes vivientes de la célula. Excluye partes no vivas, como la pared celular, la vacuola e inclusiones.

Membrana plasmática: es la membrana que encierra al citoplasma, es una barrera a la entrada (a la célula) de solutos polares. Moléculas no polares o lipofílicas penetran con mayor facilidad que los iones polares o hidrofílicos. Esta membrana mantiene la integridad de la célula y, si se rompe, resulta en la pérdida del contenido celular.

Plasmodesmo (plasmodesmos si es plural): canales protoplasmáticos que atraviesan las paredes de las células para conectar protoplasmas de células adyacentes.

Herbicidas foliares penetran la cutícula y las paredes celulares por difusión, un proceso pasivo que no involucra gasto de energía metabólica. La membrana plasmática (plasmalema) es penetrada por medio de transporte activo (requiere energía metabólica). Se sabe que las soluciones acuosas de muchos herbicidas pueden penetrar por los estomas, aunque no en la magnitud que se pensaba unos años atrás, porque todavía tienen que penetrar la cutícula de la cavidad subestomática. Los vapores y los aceites penetran más fácilmente por los estomas, pero se considera a la cutícula como la vía de penetración más importante en el caso de los herbicidas (Anderson, 1983).

Existen cuatro destinos posibles para una gota que haya llegado a la superficie de una hoja:

- a. Puede permanecer sobre ella, bien sea en forma de cristal o como líquido. Al aplicar un herbicida salino en solución, si las condiciones ambientales favorecen la evaporación acelerada del portador (agua), se verán cristales de las sales que quedan en la superficie de las hojas al evaporarse el agua. Tales cristales no pueden penetrar la cutícula.
- b. Puede penetrar en la cutícula y quedarse en la porción no polar de ésta. Este es el caso de varios aceites agrícolas.
- c. Puede entrar al sistema acuoso de la hoja y moverse por las paredes celulares hasta llegar al sistema vascular. El amitrole y el dalapón se mueven de esta forma.
- d. Puede entrar al sistema vivo de las células y luego al sistema vascular. El mejor ejemplo de este caso es el 2,4-D.

NATURALEZA DE LA CUTICULA Y LAS PAREDES CELULARES

Para comprender lo anteriormente dicho se debe conocer a fondo la composición y estructura de la cutícula, la cual consiste de capas complejas que cubre la superficie de la hoja. La cutícula previene la pérdida de agua de la planta durante sequías y al mismo tiempo, presenta un fuerte obstáculo a la penetración de los herbicidas. Los componentes de la cutícula se pueden describir así:

- Ceras: apolares y lipofílicas. Compuestas por ésteres de cadenas cortas y alcoholes de bajo peso molecular; carecen de grupos reactivos al final de la cadena, algunas pueden ser moléculas cíclicas.
- Cutina: parcialmente hidrofílica y parcialmente lipofílica; ácidos y alcoholes polimerizados de alto peso molecular; contienen grupos terminales reactivos.
- Pectinas: compuestos amorfos y altamente hidrofílicos; consisten de poliuronidos o derivados del ácido poligalacturónico (sustancias relacionadas a los azúcares).
- Celulosa: hidrofílica y fibrosa; permeable al agua y compuestos polares.

VÍAS ACUOSAS Y CEROSAS DE ABSORCIÓN

Los herbicidas polares (solubles en agua) siguen una ruta de penetración diferente a los no polares. La cutina cerosa es bastante lipofílica y por lo tanto, los herbicidas polares no penetran fácilmente por la cutícula. La presencia de grietas o daños de insectos ayudan en la absorción de estos productos, pasando por la parte hidrofílica de la cutina y evitando el contacto con las láminas de cera (Figura 1).

Al llegar a la pectina y celulosa, el camino se hace más fácil porque encuentran poca dificultad en moverse por las sustancias hidrofílicas. Esta vía se ha denominado la "ruta acuosa".

Los herbicidas apolares toman la "ruta cerosa", ya que dichos productos son lipofílicos y penetran rápidamente la barrera cerosa, luego pasan por las porciones lipofílicas de las ceras y la cutina. En el caso de algún herbicida demasiado lipofílico, la penetración por las sustancias hidrofílicas que son la pectina y la celulosa se dificulta. Los fabricantes ajustan la polaridad para favorecer la penetración de estos plaguicidas.

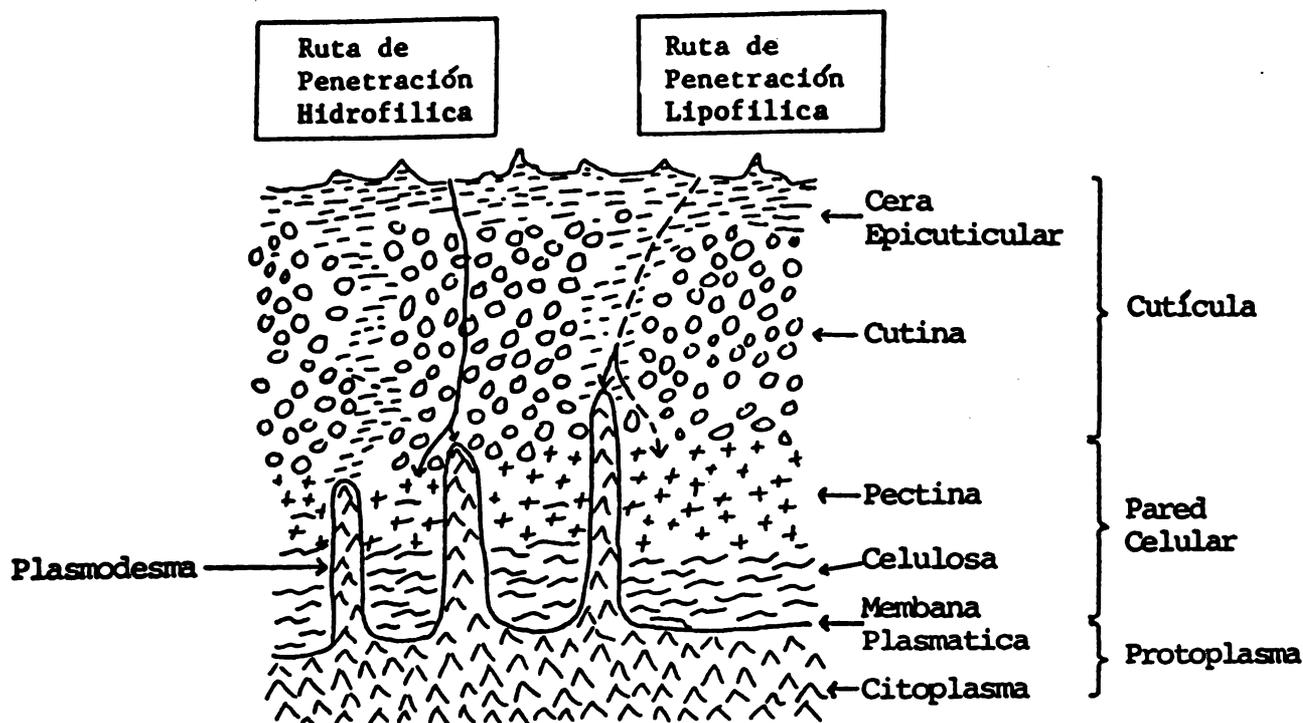


Figura 1. Diagrama de las barreras foliares a la absorción de herbicidas y ruta de penetración según la polaridad del compuesto.

Las condiciones ambientales afectan notablemente la absorción de los herbicidas, sobre todo los hidrofílicos. Bajo condiciones de alta humedad relativa, las gotas se evaporan menos rápido, permitiendo así que el herbicida disuelto en el agua pueda penetrar. Al mismo tiempo, las porciones hidrofílicas de la cutina y pectina pueden absorber humedad e hincharse separando las láminas de cera y así facilitando la penetración de los herbicidas polares. La humedad relativa tiene menos efecto sobre la penetración de productos lipofílicos.

En resumen, los siguientes conceptos son importantes en la absorción cuticular de los herbicidas:

- a. Rutas acuosas y cerosas.
- b. Cutícula más gruesa, bajo condiciones de secano y más delgada en ambientes húmedos: ejemplos de los extremos son los cactus vrs. malezas acuáticas; eso puede afectar bastante la penetración de herbicidas foliares.
- c. Las propiedades de los herbicidas inciden en la absorción: (polaridad, solubilidad, etc.).
- d. La formulación de productos: concentrados emulsificables penetran mejor que los polvos mojables; los ésteres penetran mejor que las sales o ácidos (sobre todo en condiciones secas).
- e. Aditivos (coadyuvantes), tales como humectantes y adherentes pueden aumentar la absorción, sobre todo para herbicidas polares.
- f. La alta humedad relativa mejora la penetración al: (1) reducir la evaporación del agua con el producto de la hoja; y, (2) proveer humedad a las sustancias hidrofílicas de la capa cuticular, causando a ésta hinchazón y haciendo más accesible la ruta acuosa para los herbicidas polares.

4. Movimiento al sitio de acción: transporte

Algunos de los herbicidas foliares se consideran "de contacto", es decir, que solamente afectan los tejidos vivos tratados. Al mismo tiempo, hay otros productos capaces de ser transportados más allá del sitio de aplicación a otras partes de la planta. La cobertura de la hoja con el producto (número de gotas/área) y condiciones ambientales son importantes en el primer caso. Aunque la cobertura de la hoja no es tan crítica en el segundo caso, los factores ambientales son importantes, pero se debe examinar el concepto de transporte más a fondo.

El simplasto y apoplasto

Un concepto básico en relación con el transporte de los herbicidas es el de simplasto y apoplasto. El simplasto consiste de todo el protoplasma de la planta, en forma interconectada por todas las células de la planta que funciona como una entidad. Esto incluye el floema, las células vivas y los plasmodesmos o fibras de protoplasma que conectan las células vivientes, es decir, comprende la fase viva de la planta. El apoplasto se refiere a los tejidos no vivientes y al agua alrededor del simplasto, lo cual incluye el xilema y las paredes celulares. Los herbicidas pueden moverse a cortas distancias por difusión, pero, para que sean verdaderamente transportados (sistémicos) deben moverse en el xilema o el floema de la planta, cubriendo distancias más largas.

Los herbicidas se distribuyen en diferentes grados hacia el simplasto o hacia el apoplasto. Algunos se transportan solamente en uno u otro sistema, pero otros pueden moverse en ambos.

El transporte de herbicidas (u otras sustancias como agua y nutrimentos) por el xilema comienza por la absorción de la sustancia por las raíces. En contraste con la hoja, la raíz no está cubierta por una cutícula, por

lo cual la penetración de agua e iones es más fácil. Aparentemente hay tres rutas de entrada en el xilema de la raíz. El agua y los iones pueden pasar por la pared celular (apoplasto) de las células epidermales y corticales. Pueden pasar por el sistema citoplasmático (simplasto), pasando de célula en célula por medio de plasmodesmos hasta llegar al xilema. También pueden pasar de vacuola a vacuola de las células vivientes radiculares, involucrando nuevamente el citoplasma de cada célula. Los iones salen lentamente de las vacuolas, por lo cual esta última ruta es de importancia limitada (Salisbury y Ross, 1978; Ross y Lembi, 1985). Una vez en el xilema, pueden moverse por la planta hasta las hojas.

Algunos herbicidas que tienen "movilidad libre" en el apoplasto incluyen muchas triazinas y ureas sustituidas, los uracilos, el metazole, los clo-roacetamidas y los tiocarbamatos y fenilcarbamatos. (Casi siempre se puede encontrar alguna excepción). Entre los herbicidas de movilidad limitada en el apoplasto se incluyen los bipyridilos, cloroxuron (una urea sustituida) y el perfluridone (Klingman et al, 1982).

Para que los herbicidas aplicados al follaje que se muevan en el floema, primero tienen que llegar al floema por los procesos descritos anteriormente. La movilidad en el floema es por el flujo en masa de solutos disueltos en agua, desde regiones de alta concentración a regiones de baja concentración de solutos. Estos solutos son los productos fotosintéticos (principalmente sacarosa), producidos en las hojas. Las regiones de bajas concentraciones son los sitios donde los productos fotosintéticos son utilizados por la planta en el metabolismo o en el almacenamiento (raíces gruesas, bulbos, granos, etc.). Generalmente el proceso de transporte en el floema se describe como movimiento desde la fuente de producción hasta el sitio de consumo. Este concepto es de mucha importancia para el control químico de malezas bianuales y perennes, tal como se verá más adelante.

Dos herbicidas que se mueven libremente en el simplasto son el glisofato y la hidrazida maleica. Algunos autores incluyen los fenoxicarboxílicos en el grupo, mientras que otros los colocan en el grupo de movimiento limitado en el simplasto (Klingman et al, 1982).

Hay varios herbicidas que tienen movilidad en ambos, el simplasto y el apoplasto. A medida que se mueven por distancias largas en un sistema de transporte, pueden entrar en células adyacentes, por difusión o por transporte activo, hasta llegar al otro sistema de transporte. El amitrol tiene tanta movilidad en ambos sistemas que hasta parece circular en las plantas. Otros herbicidas que tienen movilidad apoplástica y simplástica incluyen al asulam, dalapón, dicamba, DMSA, MSMA, picloram; 2,3,6-TBA, clo-ramben, endotal y los fenoxicarboxílicos (Klingman et al, 1982).

La mayor parte del transporte de productos absorbidos por las hojas ocurren por medio del floema y dicho transporte depende de tejidos vivos. La aplicación de herbicidas de contacto o la sobre dosis de ciertos herbicidas simplásticos pueden resultar en una necrosis o desecación de este tejido capaz de transportar al herbicida, reduciendo así la cantidad del herbicida que se transporta a los sitios de consumo y, por consiguiente, baja el grado de control obtenido a largo plazo. Es por eso que no se recomienda el uso de los herbicidas de contacto en mezcla con los sistémicos, porque se mataría solamente a la parte aérea de la planta sin permitir suficiente movimiento del producto sistémico al sistema radicular para así eliminar toda la planta. Sin embargo, con una concentración baja de herbicida de contacto en algunas mezclas, parece que el herbicida de contacto ayuda al herbicida sistémico a penetrar en la planta, sirviendo quizás como un surfactante, o tal vez al romper las membranas celulares facilita la entrada al sistema vascular.

El tipo de malezas también influye en el transporte. Esto se observa generalmente en malezas anuales donde no es necesario que el herbicida sea transportado a largas distancias para un buen comportamiento del producto. En malezas bianuales el herbicida se debe aplicar en estado de plántulas o rosetas antes de que brote la flor.

En la Figura 2 se muestran conceptos de mucha importancia en malezas perennes para poder determinar la mejor época de aplicación. Al emerger el brote de partes vegetativas subterráneas, una gran cantidad de azúcar producida y almacenada se utiliza para producir nuevas hojas y tallos y, por lo tanto, el movimiento es hacia las partes nuevas (arriba) y no hacia las partes subterráneas. Al llegar al estado de prefloración, el crecimiento vegetativo se reduce o se detiene totalmente y los azúcares producidos por las hojas comienzan a moverse a los tejidos de almacenamiento subterráneos. Es en este momento, que la aplicación foliar de productos sistémicos es más eficaz, simplemente debido a que el transporte es mejor en este momento que en cualquier otra época, especialmente hacia las raíces.

Con estos conceptos en mente se puede asegurar una mayor eficacia de los herbicidas aplicados al follaje. Por ejemplo, si la maleza tiene hojas muy cerosas y no hay cultivos susceptibles en las cercanías, se escogería un herbicida formulado como éster en vez de una sal (de existir la posibilidad). Además, se pueden evitar aplicaciones en condiciones que favorecen la evaporación acelerada, o si hay riesgo de que llueva pronto.

En otros casos, se agregaría un adyuvante, o talvez, se realizaría un corte unas semanas antes para poder aplicar los herbicidas sobre las hojas de los rebrotes, para que haya mayor penetración del producto antes de que las hojas formen una cutícula muy gruesa. Es importante que se realice tal aplicación cuando haya suficiente follaje para que la planta esté

autoabasteciendo sus necesidades de sustancias fotosintéticas para que haya movimiento de los azúcares del follaje a los sitios de consumo y/o de almacenamiento. En vez de "exportar" productos fotosintéticos, hojas jóvenes con menos de un 25% de desarrollo, tienen que "importar alimentos" para sostenerse (Ross and Lembi, 1985).

5. Permanecer en forma tóxica

El destino de los herbicidas será tratado en otras secciones de este curso. Pero se puede decir que todo herbicida que entra en la planta a la vez que afecta procesos fisiológicos de la misma, es también afectado por el metabolismo de ésta.

Algunas veces los herbicidas no ejercen su acción fitotóxica porque no permanecen en su estado tóxico suficiente tiempo para interrumpir un proceso vital. Los herbicidas pueden ser "desactivados" dentro de la planta por procesos de hidrólisis, hidroxilación, dealkilación, betaoxidación, fotodescomposición, reacciones enzimáticas y otros. Aún queda mucho por investigar acerca de los procesos y reacciones que ocurren entre plantas y herbicidas. Esto será tratado en el capítulo sobre modo de acción de los herbicidas.

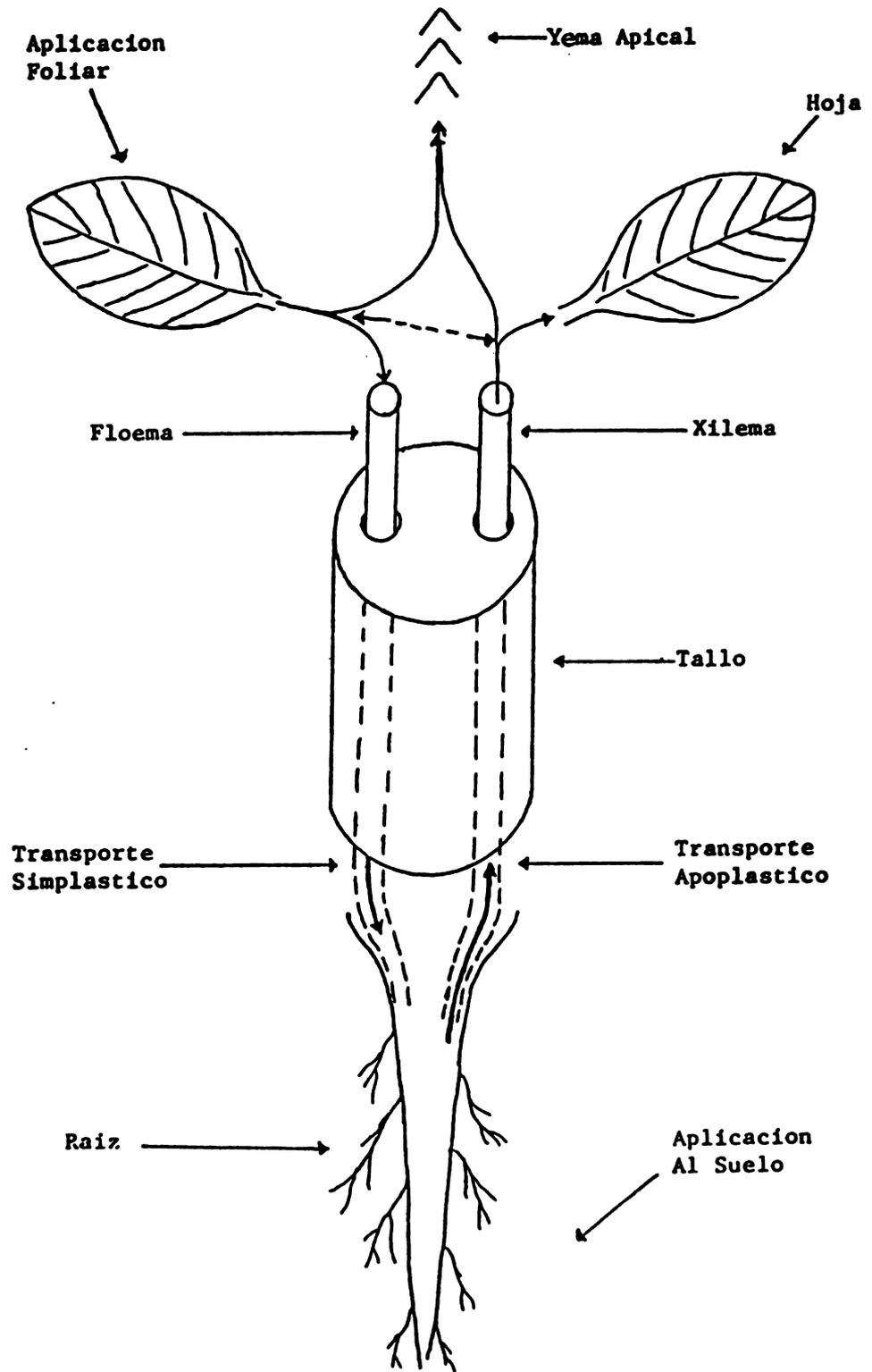


Figura 2. Movimiento de sustancias químicas dentro de la planta

B I B L I O G R A F I A

- ANDERSON, W. P. 1983. Weed Science Principles. Second edition. West Publishing Company.
- DOLL, J. 1977. Factores que inciden en la efectividad de los herbicidas. Páginas 85-93 In J. D. Doll (ed.), Manejo y control de malezas en el trópico. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- EVANS, R. A. y R. E. ECKERT. 1965. Paraquat-surfactant combinations for control of Downy Brome. Weeds 13:150-151.
- FREED, V. H. 1979. Formulación y aplicación de plaguicidas. Páginas 32-47 En J. S. Saunders and C. L. Velarde (eds.), Control Integral de Plagas en Sistemas de Producción de Cultivos para Pequeños Agricultores. CATIE-UC/USAID-OIRSA. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Vol. II.
- FREED, V. H. y MONTGOMERY, M. 1958. The effects of surfactants on foliar absorption of 3-amino-1,2,4-triazole. Weeds 6(4):386-389, 1958.
- KLINGMAN, G. C., F. M. ASHTON y L. J. NOORDHOFF. 1982. Weed Science Principles and Practices, 2nd edition. New York, John Wiley & Sons.
- MATHEWS, G. A. 1979. Pesticide application methods. Longman. London and New York.

McGARVEY, F., y E. J. BALS. 1979. Review of C.D.A. herbicide application and current droplet spectra studies. Páginas 366-377 En B. Truelove (ed.), Proceedings Southern Weed Science Society. 32nd Annual Meeting. Auburn University Press. Auburn, Alabama.

ROSS, M. A., y C.A. LEMBI, 1985. Applied weed science. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minn.

SALISBURY, F. B. y C. W. ROSS. 1985. Plant Physiology. Third Edition. Wadsworth Publishing Co., Belmont, Calif.

SPRAYING SYSTEMS CO. Spray manual catalog N° 37. Tee Jet, Agricultural Spray Nozzles and Accessories. Spraying Systems Co. Wheaton, Illinois.

EL USO SEGURO DE LOS PLAGUICIDAS

Myron Shenk*

I. INTRODUCCION

El uso de plaguicidas a nivel mundial aumentó aproximadamente 5% por año entre 1972 y 1980 (Bull, 1982), y se estima que entre 1980 y 1985 el crecimiento ha seguido a una tasa de 3% (Zemp y Lerch, 1982). La venta anual equivale a casi 0,45 kg por cada ser humano sobre la faz de la tierra (Bull, 1982). Este creciente uso de los plaguicidas obedece a los beneficios que ellos ofrecen a la agricultura, pero a la vez, da lugar a una creciente preocupación por el potencial de resultar en más intoxicaciones y envenenamientos (Bull, 1982).

II. ENVENAMIENTOS POR LOS PLAGUICIDAS

En el año 1973, la Organización Mundial de la Salud (OMS), (WHO, 1973), estimó que el número de casos de envenenamientos accidentales fue de 500,000 personas anuales, con más de 9,200 terminando en muerte. Bull (1982), estimó que estas cifras habrían aumentado hasta 750,000 y 13,800, respectivamente en el año 1981. Ambos estudios culpan al mal manejo de los insecticidas por la mayoría de estos envenenamientos y muertes. Sin embargo, hay algunos principios de toxicología y precauciones que son válidos con el manejo de cualquier plaguicida, los cuales se presentan aquí.

III. TOXICIDAD Y RIESGO

Se debe entender la diferencia entre estos dos conceptos. Toxicidad refiere a la potencialidad imata o poder de un compuesto para causar daños

* Ph.D., Oregon State University, Corvallis, Oregon, U. S. A.

(envenenar o intoxicar). En otras palabras, toxicidad describe cuán venenoso es un compuesto. Riesgo refiere a la probabilidad de un envenenamiento o intoxicación al emplear/manejar un plaguicida.

La toxicidad entonces, depende de la naturaleza del compuesto, mientras que el peligro o los riesgos dependen de unos cinco factores, a saber:

1. Toxicidad innata del compuesto
2. Especie de organismo contaminado
3. La persistencia del compuesto
4. La movilidad del compuesto en el ambiente/sistema
5. El manejo dado al compuesto.

De estos cinco factores, el manejo (los cuidados y las precauciones observados) es el factor principal que determina el grado de peligro o riesgo. Con precauciones debidas se puede emplear un pesticida de alta toxicidad en tal forma que presente muy poco riesgo. Freed (1982), declara que si no hay exposición a una sustancia química, no hay riesgo al organismo. Pero sabemos que casi siempre hay algún grado de exposición.

Al contrario, un plaguicida de muy baja toxicidad puede presentar altos riesgos con el mal manejo. Se puede ilustrar el último caso con el ejemplo de una sustancia que ni se considera un plaguicida, sino una medicina para la salud humana: la aspirina. Una sola aspirina administrada a un niño puede aliviar el dolor y bajar la fiebre, pero una botella abierta de 50 ó 100 aspirinas, en las manos del mismo niño presenta alto riesgo de una intoxicación o aún la muerte.

IV. EL CONCEPTO DE DOSIS LETAL

Para medir o cuantificar la toxicidad de una sustancia se puede elaborar una serie de experimentos, en los cuales se administran diferentes

cantidades de la sustancia tóxica a un grupo de organismos vivos. Para expresar la cantidad del plaguicida que causa una mortalidad determinada, se usa el término dosis letal (DL). La dosis es expresada en miligramos del veneno por kilogramo de peso corporal del organismo.

La dosis letal más común es la DL_{50} oral aguda: una sola dosificación oral que resulta en la mortalidad del 50% de los organismos bajo prueba, en el tiempo determinado (frecuentemente, 72 horas). Es importante comprender que a menor valor de la DL_{50} , mayor será la toxicidad. Por ejemplo, si una sustancia tiene una DL_{50} de 20 mg/kg, teóricamente una dosis de 10 mg sería fatal a un animal que pesa 500 g (20 mg/kg), mientras que se necesitaría 1 gramo (1000 mg) para causar la muerte del mismo animal si la DL_{50} fuere 2000 mg/kg.

Además de pruebas de toxicidad oral, la toxicidad de una sustancia se puede medir administrándola por la piel (DL_{50} dermal), o cuando la exposición (contaminación) es por inhalación o vía acuática (DL_{50}) es la concentración letal en mg del pesticida por litro de aire o partes por millón (ppm) en una fuente de agua, en la cual se encuentran peces u otros organismos. La dosis mínima que causa un efecto perceptible es llamada el umbral tóxico. La dosis debajo de este nivel es llamada el nivel sin efecto observable (Levine y Davies, 1982; Freed, 1981; Hayes, 1963).

En términos generales, hay tres efectos tóxicos producidos por las sustancias tóxicas. Estos son clasificados como efectos agudos, subagudos y crónicos. Efectos agudos producen trastornos, enfermedades o hasta la muerte en forma rápida (generalmente dentro de 24 horas). Los efectos subagudos son menos serios, pero si se continúa la exposición pueden llevar a una condición seria terminando en la muerte. Los efectos crónicos son aquellos que se presentan como consecuencia de exposición repetida a bajos niveles por un período prolongado o por exposiciones a un producto

de baja toxicidad aguda. Los efectos crónicos pueden incluir desde un estado debilitado o letárgico, hasta carcinogénesis (la producción de tumores), mutagénesis (causa daño genético irreversible) y teratogénesis (las malformaciones en los fetos del organismo). Este último efecto tiene el ejemplo de la medicina talidomida y varios alcaloides de plantas (Freed, 1981).

La OMS ha establecido "categorías de toxicidad según la DL₅₀ de los plaguicidas", como se ve en el Cuadro 1.

CUADRO 1. CATEGORIAS DE TOXICIDAD SEGUN LA DL₅₀ AGUDA ORAL Y DERMAL
(ADAPTADO DE OUDEJANS, 1982)

CATEGORIA	DL ₅₀ PARA RATAS (MG/KG)			
	O R A L		D E R M A L	
	SOLIDOS	LIQUIDOS	SOLIDOS	LIQUIDOS
I. Extremadamente tóxico	≤ 5	≤ 20	≤ 10	≤ 40
II. Altamente tóxico	5 - 50	20 - 200	10 - 100	40 - 400
III. Moderadamente tóxico	50 - 500	200 - 2000	100 - 1000	400 - 4000
IV. Ligeramente tóxico	> 500	> 2000	> 1000	> 4000

Para un ser humano de 70 kg, la dosis fatal para plaguicidas de las cuatro categorías se estima en: I = unas pocas gotas; II = unas pocas gotas hasta

una cucharadita (5 ml); III = una cucharadita hasta 2 cucharadas (30 ml); y IV = 2 cucharadas hasta 450 gramos (450 ml).

En el Cuadro 2 se presenta la DL₅₀ aguda oral y dermal para algunas sustancias comunes.

CUADRO 2. DL₅₀ AGUDA ORAL Y DERMAL DE ALGUNAS SUSTANCIAS PARA DIFERENTES ESPECIES Y GENEROS DE MAMIFEROS (ADAPTADO DE OUDEJANS, 1982).

SUSTANCIA	ESPECIE <u>1/</u>	DL ₅₀ ORALmg/kg		DL ₅₀ DERMAL
		MACHO	HEMBRA	mg/kg
Botulina	H	0,00005	-	-
Cloropicrina	R	0,8	-	-
KCN	H	1,0	-	-
Paratión (metil o etil)	R	3,6	13	21 - 67
Adrenalina	H	10	20	-
Endrin	R	18	-	15
Metidatión	R	25	54	155
Fosfida de Zinc	R	40	46	-
Nicotina (Botánico)	R	50	-	140
DDT	R	120	250	25
Paraquat	R	157	207	480 (C)
Aspirina	H	500	650	-
Atrazina	R	1869	3080	7500 (C)
Malathion	R	2800	-	-
Sal (NaCl)	H	3750	-	-
Etanol (alcohol de licor)	H	4000	-	-
Glifosato	R	4320	-	-
Maneb	R	6750	-	-

1/ H = Humano, R = Rata, C = conejo

Se debe enfatizar que la DL_{50} es una medida relativa de toxicidad. No es "el nivel seguro"; recuérdese que la mitad de los organismos murieron a este nivel. Además, la DL_{50} no indica la inclinación de la curva de toxicidad como se presenta en la Figura 1.

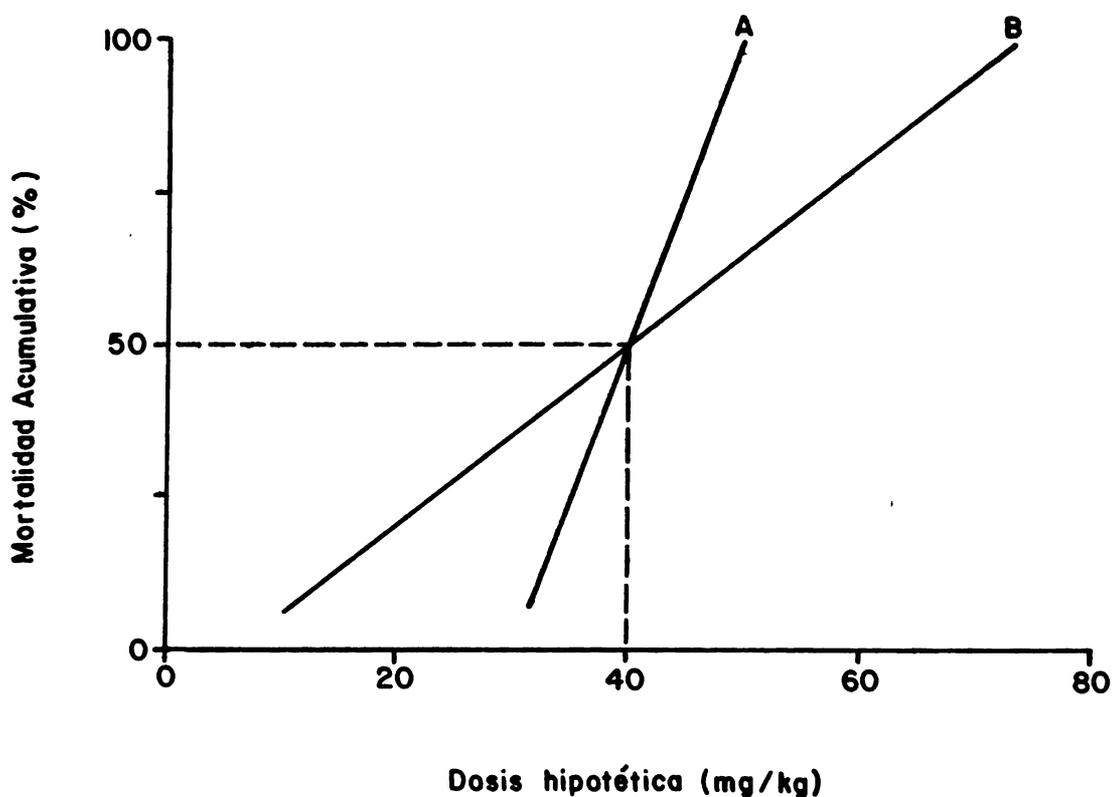


Figura 1. Curvas hipotéticas de dosis respuesta para dos sustancias.

Aunque ambos productos tienen la misma DL_{50} (40 mg/kg), se nota que el producto A tiene una línea mucho más inclinada. Este producto sería bastante tóxico a exposiciones más severas. Mientras que la toxicidad del producto B no aumenta tan rápidamente con mayor exposición. Sin embargo, el producto B podría representar mayor peligro porque alcanza la DL_{25} a la mitad de la dosis del producto A. En verdad, muchas veces la contaminación en el campo no es una contaminación muy grande, sino "apenas unas cuantas gotas" o "un poco en la piel", etc. Sin embargo, ¿quién se arriesgaría aún con la DL_5 ?

Otro aspecto muy importante es el hecho de que los estudios de toxicidad son llevados a cabo usando animales, no con los seres humanos. Así, hay que extrapolar de datos obtenidos con los animales al ser humano. Su supuesto es una reacción similar, aunque no hay certeza de que el humano no sea mucho más susceptible o muchos más tolerante de una sustancia química.

Se notan diferencias muy grandes en la respuesta a un producto tóxico entre diferentes especies de animales, y aún entre macho y hembra de la misma especie. Del Cuadro 2 se nota que la DL_{50} aguda oral con Paratión, es significativamente mayor para la hembra que para el macho. El patrón es similar para Metidatión, DDT, Paraquat y Atrazina con ratas. En los seres humanos, la mujer tolera mayor dosis de adrenalina y aspirina que el hombre.

Aunque es frecuente ver cuadros de DL_{50} con ratas, nótese que pueden usar muchas clases de animales, peces y aves, y la DL_{50} frecuentemente es muy diferente. Por ejemplo en el "Herbicide Handbook" (WSSA, 1983), la DL_{50} de Dalapón es: 9330, 7570, > 4600, 3860 y 5660 mg/kg, respectivamente, para rata macho, rata hembra, ratoncillo hembra, conejo hembra y pollitos.

Generalmente, la DL₅₀ es determinada con el material técnico. Al formular lo para uso comercial, se puede cambiar la DL₅₀ significativamente (a veces quedando menos tóxico y a veces más tóxico). Por ejemplo, con ratas, la DL₅₀ de Endotal (ácido 7-oxabicyclo [2,2,1] heptano-2,3-dicarboxílico) es de 38 - 51 para el material técnico ácido, 182-197 para la formulación sal sódica y 206 para la formulación sal amina.

Así se repite; la DL₅₀ es una medida relativa de toxicidad. No es el nivel seguro.

IV. DOSIS - RESPUESTA

A. Dosis

Desde hace mucho tiempo se ha reconocido que cualquier sustancia puede ser dañina si se da en una dosis suficientemente alta y de la manera adecuada. Tal vez Paracelsus (1493-1541) fue la primera persona que formalizó el concepto, (Craigmill, 1982). Ya hemos mencionado el caso de la aspirina. Freed (1981) menciona que elementos esenciales para la salud humana, tales como las vitaminas A y D, el hierro y muchos de los aminoácidos son tóxicos en dosis excesivamente altas.

La respuesta a una sustancia dependerá de la dosis suministrada. Esta respuesta puede ser afectada por muchos factores, incluyendo:

- Ruta de entrada
- Especie de animal
- Edad y sexo del animal
- Condición fisiológica del animal
- Formulación del compuesto
- Lipo o hidrosolubilidad del compuesto
- Exposición previa al mismo u otros compuestos.

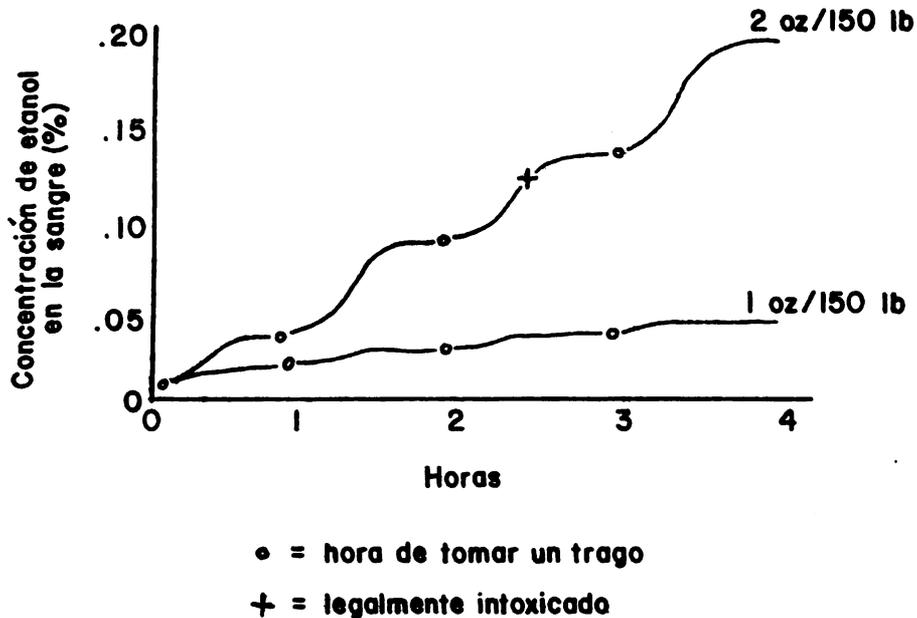


Fig. 2. Porcentaje de alcohol etílico en la sangre a dos dosis de whiskey (100 proof) administrada cada hora durante cuatro horas. (Adaptado de Locatelli, 1977).

Con el primer grupo la dosis fue suficientemente baja para que el cuerpo pudiera metabolizar el etanol en suficiente cantidad, de modo que no pasara un nivel de 0,07%. Al contrario, con el segundo grupo, la velocidad de metabolismo no fue suficiente para evitar la acumulación progresiva de la droga.

Si la dosificación del grupo que recibió una onza fuera más frecuente, por ejemplo, cada media hora, probablemente el etanol, se hubiera acumulado hasta alcanzar un nivel flagrante en la sangre, después de tres o cuatro tragos. Al inverso, si los individuos que tomaban dos onzas, hubieran tomado un trago cada dos horas, probablemente la acumulación de etanol en la sangre nunca hubiera pasado un nivel crítico. A la

vez, si el primer trago hubiera consistido de cuatro o cinco onzas, la concentración hubiera pasado el nivel crítico dentro de las primeras dos horas.

Merece mencionarse aquí que los adultos y personas en buen estado físico, generalmente son capaces de metabolizar y resistir más plaguicida que un niño o una persona en mal estado fisiológico. Así, no se debe permitir a niños ni personas de edad muy avanzada aplicar plaguicidas.

Los mismos principios aplican a los plaguicidas. Si la dosis es aguda la respuesta puede ser seria en poco tiempo. Si la dosis es menor y/o infrecuente, puede ser que el cuerpo elimine una parte, metabolice una parte y, aún, almacene una parte sin efectos serios. Sin embargo, si la dosis subaguda fuera repetida con suficiente frecuencia, puede ser que haya acumulación hasta llegar a una intoxicación crónica.

Notando la DL₅₀ de la nicotina en el Cuadro 2, se puede ilustrar el último caso. Aunque la DL₅₀ de la nicotina es apenas 50 mg/kg, la cantidad de nicotina en un cigarrillo es muy baja (talvez en el orden en 0.03 mg). Así, aún fumando hasta 60 cigarrillos por día, no se alcanza un nivel de intoxicación aguda, ni subaguda. Pero, hay muchísima evidencia de que después de 10, 15 ó 20 años de fumar, aún apenas 10 a 20 cigarrillos por día, el efecto crónico se manifiesta como cáncer de los pulmones o la enfisema, o causando un infarto u otros trastornos a la salud.

B. Ruta de entrada

Hay cuatro vías por las cuales un plaguicida puede entrar en el cuerpo de una persona: por la boca (oral); por la piel (dermal); por inhalación; por los ojos. Sin duda, para los trabajadores agrícolas, la exposición dermal es más común que las otras vías de contaminación.

Al medir los concentrados de plaguicidas y preparar los caldos (las soluciones) para aplicar, hay salpiques y derrames que cotaminan las manos y los brazos. Siempre se debe mantener los plaguicidas a un nivel abajo del pecho para evitar que salpiquen y los polvos entren en los ojos, la boca y la nariz.

La entrada de los plaguicidas a los pulmones por inhalación presenta mayor peligro de envenenamiento porque de los pulmones muchos productos pasan fácilmente a la corriente sanguínea. Los cuadros 3 y 4 presentan una comparación de toxicidad y velocidad de efecto en ratas según la ruta de exposición.

CUADRO 3. TOXICIDAD Y VELOCIDAD DE EFECTO DE TOXANENO EN RATAS SEGUN LA RUTA DE ENTRADA EN EL CUERPO (ADAPTADO DE FREED, 1981).

RUTA DE ADMINISTRACION	DL ₅₀ (mg/kg)	PORTADOR
Intravenosa	13	Aceite de maní
Oral	90	Aceite de maní
Dermal	930	Xileno
CL ₅₀ (inhalación)	3,4 mg/l (polvo de 40%)	

Velocidad de efecto: intravenoso oral dermal

Para ilustrar el fenómeno dosis-respuesta con un compuesto conocido, se presenta el caso de la exposición intencional de los hombres al alcohol etílico; sea formulado como cerveza, vino, whiskey, guaro, chicha o agua ardiente. Como dice Locatelli (1977), "el bebedor acostumbrado conoce su relación dosis-respuesta y ajusta su consumo de acuerdo a ella. El consumo puede ser tóxico si es repetido con frecuencia en dosis suficiente. Por consiguiente, el alcohol etílico es un compuesto tóxico y su efecto alcanza generalmente no sólo a la persona que se expone a él directamente, sino al resto de sus semejantes, tal es el caso cuando el individuo no puede manejar la relación dosis-respuesta, se sobredosifica y conduce un automóvil".

Para ilustrar los factores dosis y repetición de exposición se presenta la Figura 2, donde se administraban a dos grupos de individuos, dosis diferentes de alcohol etílico formulado como whiskey (1 onza y 2 onzas/150 libras de peso corporal), con intervalo de una hora entre dosis.

Como se puede apreciar, el nivel de etanol en la sangre de los individuos del grupo que recibió una onza de whiskey cada hora apenas pasó una concentración de 0,05%, aún con cuatro tragos. Mientras, para los individuos en el grupo de recibieron 2 onzas de whiskey cada hora, media hora después del tercer trago, habían pasado el nivel de alcohol en la sangre que resultó en ser declarados legalmente intoxicados de acuerdo con las leyes del Estado de California.

CUADRO 4. TOXICIDAD DE COMPUESTOS EN EXPOSICIONES RESPIRATORIAS Y ORALES EN RATONES

COMPUESTO	DL ₅₀ (mg/kg)	
	ORAL	RESPIRATORIA
Clorpirifos	152	94
Malatión	1684	759
Naled	222	156
Resmetrina	1390	99 - 243

En adición a estos datos se ha encontrado que hay grandes diferencias en la tasa de absorción de algunos plaguicidas por la piel en diferentes partes del cuerpo, como se ilustra en el Cuadro 5.

CUADRO 5. ABSORCIÓN DERMAL DEL PARATION METILICO POR DIFERENTES PARTES DEL CUERPO (ADAPTADO DE OUDEJANS, 1982).

PARTE DEL CUERPO	VELOCIDAD DE ABSORCIÓN RELATIVA
Antebrazo	1
Manos	1,3
Pies	1,6
Abdómen	2,1
Cabeza	3,7
Canal de la oreja	5,4
Frente	7,0
Area genital	11,8

De acuerdo con estos datos, la necesidad de protegerse al usar los plaguicidas debe ser obvia. Al mezclar los plaguicidas, los cuales frecuentemente vienen en forma muy concentrada se deben usar guantes y un delantal. Al aplicarlos, sobre todo con equipos manuales y motorizados (bombas de mochila), se deben proteger las piernas y pies con pantalones largos y botas de hule.

C. Solubilidad del compuesto

El tipo de solubilidad es un factor importante en el comportamiento de los plaguicidas en el cuerpo de los mamíferos. Si es soluble en agua, es probable que con dosis subagudas dentro de unos días, la mayor parte será excretada del cuerpo. Si es liposoluble, es posible que el plaguicida permanezca por más tiempo en el cuerpo. En el caso de una madre lactante, hay posibilidad de contaminación de su cría por medio de la leche. El DDT presenta un caso clásico de un producto que por su liposolubilidad se almacena en las grasas del cuerpo, y puede permanecer por mucho tiempo, acumulándose poco a poco con cada exposición. En el Cuadro 2 se nota que para el Endrín y el DDT, la DL₅₀ dermal es más baja (más tóxico) que la oral. Esto se debe, aparentemente, a la solubilidad lipofílica de estos productos, la cual permita la penetración en la piel con bastante facilidad.

D. Formulación del producto

Raramente se vende un plaguicida como el material técnico. En verdad, el material técnico frecuentemente es un cristal o un sólido, el cual tiene que ser formulado para facilitar su aplicación en el campo. Hay formulaciones secas, líquidas y gaseosas (vea el capítulo sobre formulaciones). La formulación puede afectar los fenómenos dosis-respuesta y vía de exposición-respuesta por razones físicas y químicas.

Por ejemplo, los polvos mojables producen menos exposición dermal que los concentrados emulsionables. Esto se debe en parte, al hecho de que el material técnico es adsorbido a arcilla u otro portador, los cuales físicamente dificultan la entrada por la piel.

En contraste, los concentrados emulsionables tienen el material primario disuelto en un hidrocarburo, además de tener emulsificantes (surfactantes). Siendo lipofílicos, penetran fácilmente a través de la piel. Las formulaciones solubles en agua (polvos solubles y soluciones verdaderas) tienen poca penetración dermal. Los polvos presentan bastante peligro de inhalación, aunque por el tamaño de las partículas, algunos no pasan ciertos tejidos en los pulmones para entrar en la corriente sanguínea. Los gases (fumigantes), presentan gran peligro de inhalación.

V. PROTECCION AL TRABAJADOR

Dado que la exposición a los plaguicidas es casi inevitable entre aquellos que los preparan y aplican, es esencial tomar medidas para proteger a estos trabajadores. En países industrializados hay un complemento muy grande de ropa y aparatos protectores. Pero, para los agricultores en los países en desarrollo, tales medios son prohibitivos por el costo. Además, en los climas tropicales la alta temperatura y humedad relativa hace esta ropa insoportable.

Así, para ser realista y práctico se presentarán algunas sugerencias de ropa protectora mínima y otras medidas que los agricultores de recursos limitados puedan utilizar para reducir a un mínimo la exposición a los plaguicidas, especialmente al realizar las aplicaciones con pulverizadores de mochila.

Como mínimo se recomienda el uso de camisa y pantalón de manga larga, con botas de hule. Los pantalones deben permanecer afuera de las botas para evitar que entre el plaguicida dentro de ellas en caso de derrame.

No se debe aplicar sin pantalones largos, ni con zapatos de cuero o zapatos abiertos como zandalias, etc. Los zapatos de cuero o lona van absorbiendo los plaguicidas y, una vez que penetran hasta dentro, promueven la penetración en el cuerpo, sobre todo porque el pie está atrapado en un ambiente caliente y húmedo, lo cual causa que los poros de la piel estén abiertos.

Siempre se recomienda el uso de guantes de hule. Los guantes de cuero o tela absorben los plaguicidas, por lo cual tienen las mismas desventajas descritas para las botas de cuero. Además, para ser realista, se sabe que pocos agricultores en los trópicos están dispuestos a usar guantes. La medida mínima que se puede tomar se simplemente meter las manos en una bolsa de polietileno durante la preparación de los plaguicidas y el llenado del pulverizador. Esto daría cierta protección contra los polvos humectables y las soluciones polares. Sin embargo, hay muchos productos que por los solventes y su polaridad, penetran fácilmente el polietileno.

Se deben abrir los envases con mucho cuidado para evitar la exposición accidental del operario. Para abrir bolsas de papel debe usarse una cuchilla bien afilada para dejar una abertura nítida, la cual evita en cierta medida los derrames y la contaminación accidental.

Para evitar inhalación de los plaguicidas pueden usarse muchos tipos de respiradores, muchos de los cuales son simplemente máscaras contra partículas. Las mascarillas contra partículas son adecuadas para las

formulaciones secas, como los polvos, polvos humectables y gránulos. También interceptan las pequeñas gotitas formadas en la aspersión. Si uno no tiene acceso a un respirador comercial, un simple pañuelo limpio tapando la boca y la nariz reducirá significativamente la exposición por inhalación. Sin embargo, para los plaguicidas con vapores tóxicos (como son muchos insecticidas), la única protección aceptable es un respirador con un filtro de carbón activado. Representa un sentido de seguridad falso el usar una máscara contra partículas o un pañuelo cuando se aplican plaguicidas que producen vapores tóxicos.

Los filtros contra partículas se obstruyen con el uso. Cuando se llega al punto donde la respiración se dificulta es tiempo de cambiar el filtro (o la máscara). Al contrario, con los filtros de carbón activado es difícil saber cuando están saturados con los vapores orgánicos. La medida más segura es cambiarlos cuando se sienta cualquier olor de plaguicida o si se nota cualquier irritación.

Como se observó en el Cuadro 5, la cabeza y la frente absorben plaguicidas con mayor facilidad que los brazos y las manos. Así, se debe usar un sombrero ancho de goma o plástico. Sombreros de paja o tela absorberían los pesticidas y con poco uso quedarían contaminados.

Finalmente, para la protección del trabajador durante la mezcla, preparación y aplicación, se presentan algunas prácticas, sumamente simples, pero muy eficaces. El primer paso es el aprovechamiento del viento. Se debe mantener el viento en la espalda cuando se trabaja con los plaguicidas. Esto resulta en una gran reducción de la exposición dermal y por inhalación. Si la orientación de las hileras lo hacen imposible, por lo menos trabajando en una dirección que mantenga el viento al lado es casi igualmente eficaz.

Otra medida muy eficaz al aplicar con la mochila es usar un delantal largo de polietileno. Esto puede reducir el mojado de los pantalones al tocar el follaje ya aplicado, como ocurre comúnmente. Aún mejor es la práctica de no asperjar en la hilera donde uno va caminando, sino sobre la hilera adyacente. Obviamente, esto no va a ser posible en algunos casos donde hay plantas altas o estructuras de apoyo que impiden que uno alcance la hilera adyacente, pero es posible y práctico en muchos casos.

Otras recomendaciones para el uso seguro de los plaguicidas incluyen:

1. Leer y seguir las indicaciones de la etiqueta (rótulo).
2. Almacenar los plaguicidas fuera del alcance de los niños y personas ajenas. Idealmente el lugar puede ser asegurado con candado.
3. Almacenar los plaguicidas lejos de las comidas y fuentes de agua.
4. Almacenar los plaguicidas en recipientes originales con etiquetas bien claras - NUNCA guarde plaguicidas en envases de comestibles ni en botellas de bebidas. Si es necesario guardar productos en envases no originales, éstos deben llevar una etiqueta bien clara.
5. Comprar apenas la cantidad requerida para mantener el almacenamiento de plaguicidas a un mínimo.
6. Siempre lávese bien con jabón después de manejar los plaguicidas. Lavar bien la ropa protectora, incluyendo las botas y los guantes, aparte de la ropa de la familia.
7. Si sobra plaguicida en la bomba, la mejor forma de desecharlo es "hacer una aplicación normal" en un área baldía, donde los animales

y niños no tengan acceso. Esto evitará la gran concentración del producto que resulta al botar el sobrante en un solo lugar.

8. Evitar la contaminación de fuentes de agua al deshacer los sobrantes.
9. No se debe aplicar plaguicidas si hay mucho viento, lo cual puede resultar en la contaminación de personas, animales, fuentes de agua y el ambiente fuera del área de trabajo.
10. Para lavar los envases, después de vaciarlos al usar el plaguicida, se debe llenar el envase un 25%, enjuagarlo bien y vaciar el contenido en el pulverizador. Se hace esto tres veces.
11. Una vez lavado el recipiente se debe perforarlo y enterrarlo o colocarlo en un basurero aprobado. No bote envases vacíos al basurero sin perforarlos, para evitar que personas sin saber cuál fue el contenido, lo lleguen a usar.
12. Realísticamente se sabe que muchas veces, las personas de recursos limitados van a utilizar los recipientes vacíos. Por esta razón se debe lavarlos muy bien. Tales recipientes son aptos solamente para guardar combustibles y otros artículos no comestibles.
13. Nunca coma, beba ni fume al trabajar con plaguicidas.
14. Nunca trabaje con los plaguicidas en un cuarto cerrado sin ventilación.
15. Nunca sople con la boca para desobstruir boquillas o mangueras.

16. Nunca almacene ni transporte los plaguicidas junto con comestibles.
17. Nunca permita que los niños o los curiosos estén en el campo durante la aplicación.
18. Nunca permita que niños, ancianos o enfermos apliquen plaguicidas.
19. Mantenga el equipo en buen estado, evitando goteras, escapes, la corrosión y oxidación.

VI. EN CASO DE ENVENAMIENTO HUMANO

Las limitaciones de este trabajo no permiten tratar este tema en detalle. Pero hay unos pasos básicos que se deben seguir cuando haya un envenenamiento. (Adaptado de Granovsky, et al, 1985; GIFAP, 1983).

1. Retirar a la persona de la fuente de contaminación.
2. Quitar inmediatamente las ropas contaminadas y lavar la piel contaminada. Lavar los ojos durante 15 minutos si son contaminados.
3. Buscar asistencia médica y, mientras tanto, seguir las instrucciones de la etiqueta. Todo plaguicida debe llevar una sección en la etiqueta denominada "Instrucciones para casos de envenenamiento".
4. Guarde el envase con la etiqueta y el resto del plaguicida para llevarlo al médico. En esta forma, el médico puede tratar a la víctima con más certeza.

De estos cuatro pasos surge una medida muy importante: siempre lea bien la etiqueta por completo antes de usar un plaguicida. Así, los primeros

auxilios que se practican inmediatamente después de un envenenamiento pueden ser la diferencia entre la vida y la muerte.

Un aspecto que se debe destacar aquí es que no se debe inducir al vómito en casos de exposición oral, salvo que la etiqueta lo indique. Los solventes del petróleo que se encuentran en algunos plaguicidas pueden causar daños muy serios al provocar el vómito.

VII. EN CASO DE DERRAMES

A. Líquidos

Cuando haya un derrame, se debe alejar a todas las personas y animales para evitar contaminaciones. La segunda medida debe ser la de contener el derrame. Es decir, evitar que se amplíe del área de contaminación inicial. La mejor forma es "cercar" el derrame con algún material absorbente.

Una simple barrera con tierra, arena o aserrín, puede servir. Si es un derrame grande, cierre el área con una soga, troncos, madera, etc. y busque ayuda. Se debe usar ropa protectora incluyendo un respirador, si es un producto con vapores tóxicos.

Una vez contenido, use aserrín, tierra, arena, cal, carbonilla u otro material para absorber el derrame hasta que se le pueda recoger con una pala y guardarlo en un recipiente o bolsa plástica para su eliminación. NO LAVE EL DERRAME CON UN CHORRO DE AGUA.

Una vez recogido todo el material absorbente, se debe neutralizar los residuos con cal, blanqueador o carbonilla. Aún cenizas pueden ser usadas si no hay acceso a los otros materiales. Después lave el lugar con agua y recoja el agua. Enjuague el lugar bien (use trapos

o aserrín, etc.). Entierre todo el material contaminado en un lugar donde no va a alcanzar una fuente de agua. Es aconsejable el hueco con cal o algún material orgánico como carbón, cenizas, hojas, paja, etc., al enterrarlo.

B. Derrames en seco

Para los derrames de polvos, granulados y cebos, se debe cubrirlos con aserrín, arena o tierra para evitar que se levanten en el aire y sean respirados. No se debe usar una escobilla porque ésto puede "levantar los polvos al aire" también. Otra vez, se usará todo el equipo protector necesario, incluyendo algo para los ojos. Con una pala se recogerá el material absorbente con el plaguicida, depositándolo en una bolsa para enterrarlo. Finalmente, se puede lavar con agua, recogiendo el agua con aserrín y tierra de la misma forma.

En todo depósito o bodega o negocio donde se encuentren los plaguicidas, se debe tener una buena cantidad de aserrín y cal disponibles, con una pala y recipientes para utilizar en caso de accidente. La precaución vale más que la curación, es una norma muy acertada al tratar los plaguicidas.

B I B L I O G R A F I A

- BULL, D. 1982. A growing problem. Pesticides and the third world poor. OSFAM. Oxford, England.
- CRAIGMILL, A. L. 1982. Toxicology. The science of poisons. Leaflet 21221. Cooperative Extension University of California. Berkeley, California.
- FREED, V. H. 1982. What are pesticides and how are they used? Páginas 17-49. In Davies, J. E., V. H. Freed y F. W. Whittemore (eds.), An Agromedical Approach to Pesticide Management. Some Health and Environmental Considerations. Consortium for International Crop Protection/USAID. University of Miami Printing Office. Miami, Florida.
- FREED, V. H. 1981. Medidas de seguridad personal en el uso de los pesticidas. In Segundo Curso Intensivo Control Integrado de Plagas y Enfermedades Agrícolas. Consorcio para la Protección Internacional de Cultivos, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Tomo 2, Fascículo 23, p. 1-13.
- GIFAP. 1983. Normas para el empleo seguro y eficaz de los plaguicidas. Groupement International des Associations Nationales de Fabricants de Produits Agrochimiques. Bruselas, Bélgica.
- GRANOVSKY, T. A., H. N. HOWELL, Jr., C. L. HEEP y J. I. GRIESHOP. Manual para el entrenador. Programa de Capacitación para Usuarios de Plaguicidas. Consorcio para la Protección Internacional de

Cultivos. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Berkeley, California.

HAYES, W. J. 1963. Clinical Handbook on Economic Poisons. PHS Publication # 476. U. S. Govt. Printing Office. Washington, D. C.

LEVINE, R. S. y J. E. DAVIES. 1982. Pesticide toxicity and mode of action. Páginas 91-98 In Davies, J. E., V. H. Freed y F. W. Whittemore (eds.). An Agromedical Approach to Pesticide Management. Some Health and Environmental Considerations. Consortium for International Crop Protection/USAID. University of Miami Printing Office. Miami, Florida.

LOCATELLI, E. 1977. Aspectos Toxicológicos. Proyecto Control de Malezas. IPPC/CATIE. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

OUDEJANS, J. H. 1982. Agro-Pesticides: their management and application. United Nations/Nations Unies - Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand.

WHO. 1973. Safe use of pesticides. 20th Report of the WHO Expert Committee on Insecticides. Tech. Rept. Series N° 513. World Health Organization. Geneva.

ZEMP, H. y M. LERCH. 1982. Role of industry in the development of weed management in LDC's. Ciba-Geigy, Agricultural Division, Application Services. AG 8.11.

PLAGUICIDAS, SU DESTINO, ALGUNOS EFECTOS

Gloria Ruth Calderón*

RESUMEN

Según propiedades físicas y químicas de los plaguicidas se establece una relación con los fenómenos de magnificación biológica y bioacumulación ambiental.

Incluyendo conceptos sobre residualidad, período de vida media y regulaciones en el control de residuos de plaguicidas.

RELACION PLAGUICIDA MEDIO AMBIENTE

El control de plagas es un problema ecológico que surge de la relación entre organismo viviente y su medio ambiente; una de las armas más efectivas para su control es mediante la aplicación de plaguicidas. Pero hay que ser muy cauto en su uso y estar consciente del efecto sobre el medio ambiente total del hombre.

En este sistema tan complejo que contiene muchos otros elementos, el suelo, el agua y las plantas son los principales receptores de los plaguicidas y la contaminación resultante de la deposición de tales compuestos, ha despertado gran preocupación en el mundo entero, sobre todo por el peligro que representa al ir agrandando su concentración a medida que se extiende la cadena alimenticia hasta llegar al hombre, fenómeno conocido como "Magnificación Biológica". Este fenómeno provocado por sustancias que no intervienen en el proceso de la respiración (50%) no son fácilmente excretadas, las cuales tienden a concentrarse en el tejido del organismo.

* Químico-Biólogo. Laboratorio de Residuos Tóxicos. CENTA. El Salvador.

De este término se deriva otro concepto de igual importancia: "Bioconcentración"; la cantidad de residuo de plaguicida acumulado por el organismo humano, animal o vegetal o en un tejido específico (tejido graso, hígado, etc.).

FACTORES RELACIONADOS CON LA BIOCONCENTRACION EN DIFERENTES ORGANISMOS

1. Depende de la química del plaguicida.
2. Cantidad percibida por el organismo (contacto, inhalación, ingestión), cantidad de plaguicida tomado por peso corporal/por unidad de tiempo/mg/kg/día.
3. Ruta de entrada por el organismo: agua, alimento, medio ambiente.
4. Ruta de eliminación del plaguicida por el organismo en término de tiempo y cantidad. Aquí participa el metabolismo, velocidad de inducción enzimática como es el almacenamiento en los tejidos específicos y la habilidad del organismo para producir metabolitos o productos de degradación para hacer más fácil su eliminación.

Determinación de la bioconcentración; requiere el examen de cada uno de dichos factores, incluye:

1. Ensayos biológicos para medir los residuos.
2. Estudios sobre acumulación en los tejidos y ambiente.

Alta bioacumulación; se relaciona con propiedades del plaguicida como sería:

- Baja solubilidad en agua
- Alta solubilidad en grasa, lípidos
- Alto coeficiente de partición del agua a los componentes del ambiente

- Alta estabilidad bajo condiciones de luz, calor y condiciones microbiológicas.

Ejemplo: DDT y sus transformaciones en DDD y DDE, que han sido consideradas como las más persistentes de residuos hasta la fecha conocidas.

FACTORES RELACIONADOS CON EL AMBIENTE

Si nos preguntamos cuál es el destino de los plaguicidas después de haber entrado al ambiente y qué ha actuado sobre las plagas, podremos responder que éstos comienzan a sufrir una serie de migraciones y transformaciones. Lógicamente, las mayores concentraciones se encuentran en los lugares más cerca del área de uso, pero los residuos de plaguicidas o restos de estos compuestos y sus productos de descomposición denominados metabolitos y otras sustancias químicas que de ellos se derivan, se han encontrado a distancias considerables lejos del lugar donde fueron aplicados.

Al considerar las fases fundamentales del medio ambiente: suelo, aire, agua, biota (conjunto de organismos vivos de una región determinada: combinación flora/fauna) y aplicar un plaguicida, éste se distribuirá y se repartirá entre las diferentes fases, la concentración en cada fase estará en función de las propiedades del plaguicida y de la fase.

Los datos relacionados con las propiedades del producto, su composición y estructura nos indica cuál será su reacción en suelo, planta, insecto, lo que, al unirse con el coeficiente de partición nos dará la persistencia y acumulación del plaguicida en los sistemas biológicos.

El coeficiente de partición es una medida de la distribución de la sustancia química entre un estado lipofílico e hidrolítico o estado acuoso.

$$K_o = \frac{C \text{ grasa}}{C \text{ agua}}$$

El coeficiente de partición es una característica del compuesto y depende de la estructura molecular; su valor sirve para estimar la facilidad con una sustancia química que se acumulará en un organismo viviente que esté expuesto a ella y está íntimamente relacionada no sólo con la acumulación, sino con la absorción.

RELACIONES ENTRE PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS Y SU COMPORTAMIENTO AMBIENTAL

Datos físico-químicos

1. Solubilidad en agua más baja, mayor adsorción.
2. Calor latente de solución. Calcula intensidad de adherencia susceptible a la lixiviación.
3. Coeficiente de partición (captación biológica).
4. Hidrólisis, Redox, acción fotoquímica (degradación).
5. Ionización.
6. Presión de vapor.

Relacionados con:

- Grado de adsorción, percolación, movilidad en el ambiente.
- Adsorción, vaporización de la superficie,
- Adsorción por materia orgánica, capacidad de bioacumulación, persistencia.
- Persistente en el ambiente o biota.
- Vía y mecanismo de adsorción y captación, persistencia, interacción con otras especies moleculares.
- Movilidad atmosférica, velocidad de vaporización.

Al referirse a la adsorción, es lógico que cuando se rocía un plaguicida en un campo la mayor parte se asienta en las hojas y en el suelo; tanto hojas como suelo presentan una superficie en la cual puede ser adsorbido el producto químico. Esta superficie se caracteriza por poseer fuerzas, corrientes de índole electrostática que interaccionan con el plaguicida.

Ejemplo: el suelo está compuesto de materia orgánica, arcilla, arena y limo; éstas son superficies sólidas, pero de ellos la materia orgánica adsorbe mucho más plaguicidas por unidad de peso que los demás componentes del suelo, aunque este proceso es más complicado que el correspondiente a la fracción mineral. Sin embargo, el proceso de adsorción y comportamiento del plaguicida se ve afectado principalmente por la adsorción del mismo en las células de los microorganismos que en él persisten, influyendo en la retención, degradación y distribución de los plaguicidas en el suelo.

Puede ser que el plaguicida sea más fácilmente degradable y al contacto con la flora microbiana encuentre un medio diferente en cada caso, contribuyendo incluso a la longevidad del plaguicida.

Se sabe de antemano que el efecto del plaguicida sobre los microorganismos, es menor en suelos con alto contenido de materia orgánica.

BHC, Clordano, Heptacloro a 200 kg/ha, reducen la producción de nitratos. Otros estimulan la producción de amonio, pero al ser aumentada la dosis (1000 kg/ha), el DDT, Clordano y BHC actúan como inhibidores; el desprendimiento de dióxido de carbono aumenta con Toxafeno, DDT y Dieldrín; el Aldrín es capaz de elevar más dicha producción.

Las bacterias fijadoras de nitrógeno, pueden ser afectadas por el BHC, DDT y Aldrín, llegando incluso a dañar la nodulación de las leguminosas.

En lo referente al número total de microorganismos, dosis altas de Aldrin, BHC y DDT pueden aumentar el número de hongos y el BHC inhibe el crecimiento de muchas cepas de bacterias heterórfagas.

Por lo anteriormente descrito, puede observarse la complejidad del comportamiento del plaguicida en suelos con alto contenido de material orgánico.

Sin embargo, el plaguicida puede adherirse fuertemente a las partículas de arcilla del suelo y su larga persistencia va asociada con dicho contenido.

PLAGUICIDA + SUELO \longrightarrow COMPLEJO + SUELO

Esto incluso puede demostrarse en el trabajo realizado en suelos profundos de diversas zonas agrícolas del país, en los que los mayores promedios de contaminación se encontraron en muestras de textura franco-arcillosa y arcillosa y cuyos valores de Alófono, por ciento de saturación de bases e intercambios cationicos eran generalmente mayores que los encontrados en muestras con menores promedios de contaminación.

A > ADSORCION < VELOCIDAD INICIAL DE DEGRADACION

En los sistemas biológicos, la adsorción y acumulación del plaguicida es una función de la mayor o menor afinidad por las sustancias grasas o de la solubilidad en agua.

Anteriormente se mencionaba que la absorción influía en la percolación del plaguicida en el suelo; los problemas de contaminación se aumentan cuando éste es aplicado directamente al suelo que al cultivo, ya que los plaguicidas pueden permanecer como residuos que contaminan el cultivo siguiente (algodón, luego maíz), o si el producto tiene mucha movilidad, puede percolarse contaminando los mantos acuíferos.

Ejemplo: los plaguicidas clorados, DDT, Aldrín, Dieldrín, Heptacloro, que tienen baja solubilidad en agua y fuerte adsorción en las partículas del suelo, sufren poca percolación. Los organofosforados como Paratión, su percolación es media, pero en cambio ciertos herbicidas como Dalapón y Banvel se mueven más libremente.

En cuanto a la vaporización, o sea el paso de las sustancias químicas del estado sólido o líquido al gaseoso, en algunos casos, esto puede ser ventajoso como el uso de fumigantes o desventaja, cuando el plaguicida se vaporiza de las hojas de un cultivo, donde se le necesita para combatir una plaga. En este caso, se reduce rápidamente el depósito residual y, por ende, el lapso de control efectivo.

En la vaporización, influyen factores ambientales como velocidad del viento, temperatura y tipo de superficie adsorbente.

> VELOCIDAD DEL VIENTO > TEMPERATURA > VELOCIDAD DE VAPORIZACION

Esta se puede controlar hasta cierto grado mediante la modificación de la formulación y el uso de aditivos.

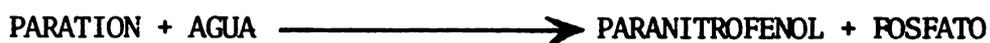
Siguiendo con la relación entre las propiedades físico-químicas y su comportamiento ambiental, algo básico para indagar la suerte y comportamiento del plaguicida en el ambiente es la DEGRADACION DEL PRODUCTO, ya que incluso su eficacia como plaguicida está en relación con su forma y rapidez de degradación.

Todos los plaguicidas, sobre todo los orgánicos, se degradan por los diferentes factores físicos y biológicos del ambiente. El compuesto puede ser destruido por el metabolismo de las plantas y organismos, como se explicó anteriormente en la forma como actúan los microorganismos en el suelo, ésto se lleva a cabo por la acción de diferentes enzimas secretadas por ellos.

Ejemplo: cierto tipo de salmonella que inactiva el Paratión en 24 horas al ser aplicado al suelo.

También la degradación puede deberse a reacciones químicas normales como hidrólisis, Redox o fotoquímicas.

Muchos organofosforados se hidrolizan fácilmente, según el pH que prevalece en el suelo, catalizando por medio de enzimas de los diferentes microorganismos del suelo.



HIDROLISIS DE COMPUESTOS ORGANOFOSFORADOS

pH 7.4

COMPUESTOS	VIDA	MEDIA
Paratión	130	días
Fosmet (Imidan)	7.1	hora
Dialifor	14	horas
Clorpirifos	53	días
Malatión	10.5	días

R/FREED, V., Dinámica Química

En cuanto a la degradación fotoquímica, se sabe que, según la naturaleza del compuesto, todas las sustancias químicas absorben luz de una u otra longitud de onda, especialmente la fracción UV; ésta altera el balance de energía de la molécula, lo que origina una rotura del enlace molecular, de manera que, cuando esta longitud de onda es apropiada, la energía que se produce puede modificar o degradar el compuesto.



Si además hay presentes donadores de hidrógeno como ciertos aceites o agua, és to hace que aumente la velocidad de la descomposición fotoquímica; si el compuesto es particularmente inestable, la longitud de onda puede ser suficiente para producir radicales libres que causen la descomposición, la adsorción en la superficie puede aumentar o disminuir la velocidad de la descomposición fotoquímica.

Esta descomposición es probablemente una de las razones de la relativa corta vida residual de muchos compuestos químicos.

La velocidad de degradación de un compuesto químico, afecta el período de tiempo de persistencia del producto químico para controlar las plagas o producir residuos indeseables.

PERSISTENCIA DE ALGUNOS PLAGUICIDAS EN EL SUELO

COMPUESTO QUIMICO	VIDA MEDIA (DIAS)	
Paratión	175	laboratorio
Paratión	55	campo
Fosmet (Imidan)	51	laboratorio
Dialifor	151	laboratorio
Clorpirifos	125	laboratorio
DDT aeróbico	3000	(8.2 años) campo
DDT anaeróbico	33	laboratorio
2,4 D	9.5	laboratorio
Atracina	130	laboratorio
Diurón	212	laboratorio

R/Freed V., Dinámica Química

Se ha encontrado que los plaguicidas se descomponen a cierta velocidad; poseen el denominado "PERIODO DE VIDA MEDIA", tiempo necesario para que el residuo existente en el momento de la cosecha no sobrepase el límite establecido, pero sucede que algunos de los plaguicidas no llegan al final de su vida media sin ser antes consumidos por personas y animales, donde pueden ser modificados o alterados por el metabolismo y transferirse aunque no cuantitativamente a productos derivados; caso de la presencia de plaguicidas clorados en carne, productos lácteos, leche materna, cuyas cantidades encontradas en el país en zonas no algodonerías superaron 19 y 7.76 veces la ingesta diaria aceptables para Dieldrín y DDT, respectivamente.

Otro problema relacionado con residualidad, es el presentado por falta de conocimiento al respecto por parte de agricultores. Se ha visto casos de aplicar un producto y levantar cosecha el siguiente día sin tomar en cuenta el período de vida media.

Para definir los períodos de vida media fue necesario comprender los mecanismos involucrados en la absorción, transporte y traslocación de los plaguicidas en la planta, tomando en cuenta los factores que influyen en dicho proceso, como anatomía de la hoja, tallo, raíz, características estructurales y químicas de la cutícula, epidermis, liber.

Es de importancia conocer el desarrollo de la planta, saber qué cambios ocurren en la madurez de los órganos y tener especial cuidado de la forma como se dispondrá la cosecha.

Generalmente los plaguicidas aplicados a las plantas, pueden ser metabolizados o degradados; la fotólisis de la radiación solar sobre la superficie de la hoja es un factor importante en su transformación, pudiendo también el plaguicida ser lavado por la lluvia o volatilizado, dejando de esta manera espontáneamente la planta; sin embargo, el plaguicida puede penetrar dentro de sus tejidos y persistir como residuo adsorbido en su superficie, permaneciendo

relativamente estable, pudiendo pasar de una generación a otra sin cambiar (cultivos perennes).

Por esta razón, es que la naturaleza de la superficie de la planta es importante, ya que está relacionada con la efectividad del plaguicida en cuanto a su penetración y subsecuente traslocación. Esta superficie es altamente compleja y varía en su composición, estructura y en la manera en que se forma, presenta protuberancias de muchas formas, cristales de cera, capas de cutina de variada composición y cantidad, incluyendo componentes celulóticos y pectínicos.

Se ha observado que los residuos se adhieren a las superficies ásperas o vellosas con más facilidad y en mayor cantidad que en las superficies lisas tratadas en las mismas condiciones.

Los compuestos inorgánicos y los orgánicos polares o iónicos (Gupravit) no son liposolubles y no pueden atravesar la cutícula de la planta, por lo que sólo sufren descomposición externa. Los compuestos orgánicos no iónicos (DDT, compuestos clorados), sufren descomposición externa, pero generalmente, por período corto, ya que al ser solubles en la cutícula cerosa de la planta, la atraviesan rápidamente de manera que las propiedades de la cutícula de la planta son significantes en relación a la absorción y retención de los residuos de plaguicidas.

Los productos sistémicos pueden difundirse fácilmente en el sistema de transporte a través de las membranas celulares semipermeables, la absorción se efectúa más rápidamente en las hojas jóvenes recientemente desplegadas, mientras que en las más viejas, ya completamente desarrolladas, esta absorción es más lenta, verificándose una absorción tres veces mayor en el envés de la hoja y ésto está de acuerdo al número mayor de estomas presentes en él.

De lo expuesto anteriormente, en las plantas encontraremos dos tipos de residuos denominados: superficiales y de penetración.

Los superficiales están influenciados por un gran número de factores designados bajo el nombre de "ACCION CLIMATICA", incluye aspectos:

ACCION CLIMATICA	Mecánicos	- Acción erosiva del viento
		- Fricción de las superficies de las hojas entre sí
		- Lavado por lluvia
	Físicos	- Disolución por alta humedad
		- Deshidratación
		- Cristalización y sublimación por el calor
	Químicos	- Oxidación bajo luz solar
		- Hidrólisis por elevada temperatura.

El tiempo de tratamiento, es un papel importante en la velocidad a la cual desaparece un residuo relacionado con la etapa de desarrollo de la planta.

Residuos de penetración: su persistencia es similar a los superficiales, pero éstos, sufren procesos metabólicos que se traducen a pérdidas de su actividad química y se transforman a moléculas cada vez más simples que, finalmente, son eliminadas por la planta, o bien, se transforman en compuestos más tóxicos que llegan incluso a influir en sus diversos procesos biológicos que la integran.

Ejemplo: el Lindano es capaz de producir alteraciones mitóticas que ocasionan daño morfológico en la semilla.

En el proceso de germinación, insecticidas aplicados antes de la absorción de agua por la semilla, pueden afectar tanto el proceso germinativo como el crecimiento después de la germinación y, consecuentemente, provocar disminución del vigor de la planta o deformación en su crecimiento (herbicidas).

La aplicación de algunos herbicidas a la planta producen cambios en el contenido de proteínas, puede haber reducción de ciertos aminoácidos, particularmente metionina (2,4 D), disminución en el nitrógeno proteico y aumento del no proteico.

Puede existir reducción de azúcares y obstrucción de la formación de almidón.

En cuanto a efecto de la calidad y cualidad de los lípidos contenidos en la planta, se ha encontrado una disminución del aceite contenido en la soya, después de aplicaciones de agentes defoliantes.

En cuanto a apariencia y sabor, pueden ejercer efectos tanto en vegetales frescos como procesados; en el tamaño y forma por su influencia en la floración y efecto directo en el color, sobre todo los reguladores del crecimiento, ya que actúan como inhibidores de la enzima polifenol-oxidasa.

Pueden incluso ocasionar cambios en el sabor de frutas y vegetales al ser procesados por el calor: BHC y ciertos fungicidas tienen efectos sobre las papas cocidas y jugo de tomate. Estas diferencias en el sabor pueden estar influenciadas por factores como tipo y concentración del plaguicida, método de aplicación, tipo y número de aplicaciones, variedad de cosecha, acumulación residual en el suelo, tratamiento de fertilización, procesos y técnicas de almacenamiento.

REGULACIONES EN EL CONTROL SOBRE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS

Las regulaciones en el control sobre residuos de plaguicidas están supeditadas por organismos como el Comité Mixto FAO/OMS del Codex Alimentarius sobre Residuos de Plaguicidas (CCPR), el cual se encarga de:

1. Establecer límites máximos para residuos de plaguicidas en determinados productos alimenticios o grupos de alimentos.
2. Preparar listas de prioridades de plaguicidas para su evaluación.
3. Examinar métodos de toma de muestras y análisis para la determinación de residuos de plaguicidas en alimentos.
4. Examinar aspectos relacionados con la inocuidad de los alimentos que contienen residuos de plaguicidas.

Las disposiciones finales se basan en datos facilitados por los gobiernos miembros de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y por la Administración de Drogas y Alimentos (FDA).

Una de las regulaciones de mayor importancia en lo que a residuos de plaguicidas se refiere es el "Límite Máximo de Residuos" (LMR), anteriormente conocido como "Tolerancia", ésta expresa la concentración máxima de un residuo de plaguicida recomendada por el Codex Alimentarius como legalmente permitida en un producto alimenticio; se refiere a los diversos grados de toxicidad que los plaguicidas tienen sobre los mamíferos, su valor numérico es expresado en partes por millón (mg/kg) y se refiere al residuo resultante del uso de un plaguicida en circunstancias destinadas a proteger el alimento o el producto alimenticio contra una plaga con arreglo a una práctica agrícola correcta.

Quando el residuo resulta de circunstancias no destinadas a proteger el alimento o producto alimenticio contra una plaga, la concentración máxima recomendable se designa como "Límite Práctico para el Residuo" (LPR) o "Límite para Residuos Extraños".

Las tolerancias son particularmente para cada agente químico y en un cultivo determinado o en grupos afines y nos determinan el grado de seguridad con que pueden ser consumidos los productos alimenticios tratados con plaguicidas.

ESTABLECIMIENTO DEL LIMITE MAXIMO DE RESIDUOS

Parte de pruebas toxicológicas de tipo crónico en animales de experimentación, en base a ésto, es posible establecer las dosis máximas sin efecto para el animal, lo que sirve para determinar primeramente la ingesta diaria aceptable para el ser humano (I.D.A.), tomando un factor de seguridad de 100, ya que, según normas internacionales, los plaguicidas deben ser cien veces más seguros que las dosis diarias tolerable por el hombre. Con estos datos se relaciona a esta ingesta (I.D.A.) con el peso de un hombre de 60 kg y un factor de alimentación de 400 gr, suponiendo que en promedio se consume con regularidad esta cantidad del alimento en cuestión, factor que puede variar dependiendo si su consumo es regular o esporádico.

TOLERANCIAS SEGUN EL CODIGO ALIMENTARIUS

	LMR (mg/kg)
DICLORVOS:	
Granos verdes	2
FENILESTANO:	
Granos crudos	0.1
MONOCROTOFOS:	
Grano crudo	0.1
CARBENDAZIM:	
Grano crudo	0.1
DISULFOTON:	
Granos	0.1
FENAMIPOS:	
Granos tostados	0.1
Granos verdes	0.1
CARBOFURAN:	
Grano verde	0.1
ETEFON:	
Granos	0.1
CIPERMETRINA:	
Grano	0.05
TRIADIMEFON:	
Grano	0.1

B I B L I O G R A F I A

1. CALDERON, G. R. Lindano, Heptacloro Epóxido, Dieldrina y DDT en leche materna de tres regiones agrícolas de El Salvador. San Andrés, La Libertad, El Salvador. CENTA. Boletín Técnico 3-81. 1981. 28 p.
2. _____ Residuos de plaguicidas en hortalizas provenientes del Valle de Zapotitán, El Salvador. San Andrés, La Libertad, El Salvador. CENTA. Boletín Técnico 2-81. 1981. 51 p.
3. _____ Aldrín, BHC, DDT y Heptacloro Epóxido en suelos profundos de algunas zonas agrícolas de El Salvador. San Andrés, La Libertad, El Salvador. CENTA. Boletín Técnico 6-81. 1981. 39 p.
4. CAMPOS, MARIT. Química y metabolismo de plaguicidas. In Seminario Regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centroamérica. Guatemala, ICAITI, 1978. pp. 55-61.
5. _____ Plaguicidas y residuos como problema actual. In Seminario Regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centroamérica. Guatemala, ICAITI, 1978. pp. 203-209.
6. DECKER, G. C. El significado de los residuos de pesticidas; II. En el medio ambiente. Span (Londres) 1967, 10(1): 5-3.
7. FREED, V. Quimodinámica. Proyecto UC/AID. Manejo de plagas y protección ambiental relacionadas. pp. 81-95. 1976.

8. _____ Chemical classification: physical and chemical properties and chemodynamics. An agromedical approach to pesticide management. Some health and environmental consideration. Agency for International Development Consortium for International Crop Protection. University of Miami School of Medicine. 1982.
9. GUNTHER, F. A. y JEPPSON, L. R. Insecticidas modernos y la producción mundial de alimentos. 2a. edición, México. Compañía Editorial Continental, 1964. 293 pgs.
10. HOLLE, M. y MONTES, A. Manual de enseñanza práctica de producción de hortalizas. San José, Costa Rica. IICA. Serie de libros y materiales educativos, N° 52. 1982. 224 p.
11. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Comité del Codex sobre residuos de plaguicidas. Criterios ecológicos para el registro de plaguicidas. Estudio FAO: Producción y protección vegetal. (Roma). 1982. 42 p.
12. _____ Límites máximos internacionales recomendados para los residuos de plaguicidas. Comisión del Codex Alimentarius CAC/RS 65-1974. pp. 1-6.

“MANEJO ADECUADO DE AGROQUIMICOS”

Gloria Ruth Calderón*

VÍAS DE ABSORCIÓN

Los plaguicidas pueden penetrar al organismo por tres vías: oral, dérmica y respiratoria.

Vía oral: muchos envenenamientos han resultado de la fácil disponibilidad de ciertos plaguicidas para uso casero, los cuales no son almacenados adecuadamente y se encuentran al alcance de los niños. El uso de envases de gaseosa o de licor, así como la accesibilidad y uso de envases de plaguicidas no destruidos adecuadamente; ingestión de alimentos, agua y fumar dentro de las plantaciones donde se ha aplicado plaguicidas, ingestión de hierbas silvestres que crecen dentro de la plantación de café y retención con los dientes de las ramas de los cafetos durante el corte del mismo, son ejemplos típicos de intoxicación por esta vía.

Vías dérmica y respiratoria: estas dos vías están relacionadas muy estrechamente. La absorción por la piel, algunas veces, tiende a ser más lenta, tal es el caso de plaguicidas organofosforados, pero como el producto es difícil de remover, esta absorción es frecuentemente prolongada, la cual se acentúa con alta temperatura, en presencia de sudor y en presencia de dermatitis.

Los casos más típicos de intoxicación por estas dos vías son: falta de uso del equipo de protección personal o del uso incorrecto de los mismos, bañarse en los canales que corren dentro de los cafetales, andar descalzos en suelos

* Químico-Biólogo. Laboratorio de Residuos Tóxicos. CENTA. El Salvador.

contaminados por derrames de plaguicidas. Los más expuestos en este caso son los cargadores, debido a los charcos que descuidadamente pueden formarse en su lugar de trabajo, no cambiar de ropa contaminada, no bañarse con agua y jabón después de la aspersión, permanecer dentro de las plantaciones durante y después de la aplicación.

GRADOS DE EXPOSICION DE LOS PLAGUICIDAS

Existen tres posibles grados de exposición humana a los plaguicidas:

- a. Exposición aguda;
- b. Exposición crónica intensa (ocupacional);
- c. Exposición incidental crónica baja (indirecta).

Las diversas patologías asociadas con estos tres tipos de exposición son diferentes, así como las diversas poblaciones o individuos en peligro y las estrategias preventivas en cada grado.

Exposición aguda: acción nociva, se produce con rapidez, pudiendo ocasionar la muerte en minutos o pocos días.

Este tipo de exposición es un reflejo del número de envenenamientos por plaguicidas que ocurren en diferentes partes del mundo. Estadísticamente se ha demostrado que este es un serio problema de manejo de plaguicidas 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 poblaciones más expuestas son aquellas donde los trabajadores se encuentran en contacto con el producto durante el proceso de fabricación, formulación, transporte, carga y aplicación de los materiales o durante el recuento de plagas donde existe contacto directo con los residuos foliares o presentes en el suelo.

Dentro de este tipo de exposición también puede incorporarse la población doméstica como resultado de una gran variedad de factores, de los cuales la mayoría son indicativos de una educación pública inadecuada y malentendida acerca de la potencial toxicidad de esos químicos y las graves consecuencias de su mal uso.

Ejemplo: muchos envenenamientos han resultado de la fácil disponibilidad de las clases de plaguicidas más tóxicos en tiendas de jardinería y el caso de los ejemplos expuestos anteriormente al referirnos a los casos de envenamiento por vía oral.

Exposición crónica intensa (ocupacional): debidas a la absorción de pequeñas cantidades del tóxico por largo período de tiempo.

Se ha encontrado una gran variedad de intoxicaciones en los trabajadores que fabrican, formulan y mezclan los plaguicidas, así como también en pilotos aéreos y cargadores. Existen informes médicos sobre grupos de trabajadores que han adquirido una variedad de enfermedades crónicas como resultado de su trabajo, enfermedades que pueden ser neurológicas y de conducta, esterilidad, defectos natales, cáncer... etc.

Exposición crónica baja (indirecta): es el resultado de cantidades residuales de una gran variedad de plaguicidas que se encuentran en el medio ambiente del hombre moderno.

Plaguicidas, sobre todo de índole persistente, son controlados por determinados períodos de tiempo y los datos obtenidos han servido para expresar cambios en cuanto a contaminación, utilizándolos posteriormente para correlacionarlos con los efectos sobre la salud humana y, en especial, con la incidencia de tumores cancerígenos.

ASPECTOS A CONSIDERAR PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACION E INCLUSO EVITAR LAS INTOXICACIONES. MANEJO DE PLAGUICIDAS.

El manejo de plaguicidas puede considerarse como la tecnología del uso y manejo seguro, eficiente y económico del producto desde el momento de su fabricación hasta su utilización y desecho.

Entre los aspectos a considerar se tienen:

- a. El proceso de transporte, descarga sin cuidado en los puertos y fincas, puede dar como resultado envases averiados que, al ser transportados y almacenados, pueden ocasionar problemas en el lugar de almacenamiento por fugas que pueden contaminar áreas inmediatas.
- b. Los plaguicidas deben ser almacenados en locales especiales con una ventilación adecuada, jamás deben dejarse abandonados en sitios accesibles a toda persona y deberán permanecer cerrados bajo llave para impedir la entrada a personas no autorizadas, de igual forma, debe prohibirse guardar alimentos, bebidas, utensilios para uso doméstico, ropa de uso personal y el equipo de protección personal en dichos locales.
- c. Durante épocas de cultivo, hay tendencia a emplear temporalmente personas no calificadas como cargadores, aplicadores, banderilleros, ésto no debe ser permitido, es necesario asegurarse que estas personas tengan un entrenamiento previo y no permitir que inexpertos sean los encargados de realizar labores de tanta responsabilidad y cuidados.

El entrenamiento debe ser orientado no sólo para la realización de una eficiente aplicación, sino también para la protección del trabajador y su ambiente.

No es aconsejable utilizar trabajadores que son propensos a enfermedades de la piel o que padezcan de conjuntivitis u otras enfermedades de los ojos o del hígado.

- d. El trabajo debe efectuarse en forma rotativa para limitar el tiempo de exposición. En la mezcla y manejo de los productos, especialmente los concentrados emulsificables, la transferencia y medida de éste en el tanque del químico del equipo de aspersión, constituye la operación más peligrosa; el trabajador debe utilizar el equipo protector constituido por guantes, botas, delantal, máscara, anteojos de seguridad y sombrero de ala ancha.
- e. No debe propasarse ni aplicarse soluciones de plaguicidas en cantidades superiores a las recomendadas por la casa productora o por técnicos competentes. La preparación de las mezclas debe hacerse en los sitios señalados para este objetivo y nunca en las proximidades de fuentes de agua.
- f. Nunca debe fumigarse contra la dirección del viento y no debe fumigarse cuando soplan vientos fuertes, de igual forma, nunca debe penetrarse a un campo después de haber fumigado o durante las operaciones de riego, sino hasta después de haber transcurrido un tiempo prudencial, el cual está en relación con la clase de plaguicida (24 horas luego de una aplicación convencional, dos o tres días después cuando se trata de productos ultrabajo volumen).
- g. El equipo debe examinarse rutinariamente para controlar agujeros, derramamientos y debe lavarse después de su uso.

En el campo se ha observado que el aplicador puede utilizar máscara y sombrero mientras mide o aplica el plaguicida, pero tiene manos y pies sin protección. Es necesario exigir el uso de la ropa adecuada.

- h. Todos los envases de plaguicidas deben estar claramente rotulados y contar con dibujos que indiquen su acción tóxica. La protección y seguridad del trabajador comienzan con la "ETIQUETA DEL PRODUCTO". Una regla básica para manejo seguro del plaguicida es conocer el nombre, porcentaje de ingrediente activo, direcciones de uso, toxicidad, antídoto.

En muchos casos, el pequeño agricultor utiliza una botella, lata u otro recipiente pequeño para comprar y llevar del centro distribuidor de agroquímicos el producto que necesita, generalmente ninguna etiqueta está disponible para los envases. Es necesario que los centros distribuidores posean etiquetas apropiadas para suministrar al agricultor.

- i. Es necesaria la presencia de instalaciones adecuadas para que los trabajadores se bañen luego de realizar sus labores y además debe disponerse de locales y depósitos adecuados para guardar sus alimentos, libres de todo riesgo de contaminación. Siendo de vital importancia para su control el análisis de colinesterasa.

DISPOSICION DE ENVASES Y DESECHOS DE PLAGUICIDAS

Referente a la disposición de envases y desechos de plaguicidas, es necesario observar las precauciones debidas para evitar la exposición humana y la contaminación ambiental.

En la formulación y uso de plaguicidas, existen subproductos o productos químicos que deben ser desechados. Puede tratarse de una mezcla de aspersion preparada en exceso con relación a lo que se necesita, o también sustancias que ya no pueden utilizarse debido a deterioro o pérdida de su calidad, o porque el producto no es útil por alguna otra razón. Igualmente, se tiene la necesidad de descartar los recipientes utilizados al envasarlos.

Existen cuatro formas de deshacerse de un producto, éstas son: uso de acuerdo a su dosis recomendada, destrucción química, incineración y desecho en el suelo.

Uso: el medio más eficaz y económico para disponer de un producto, es utilizarlo en la dosis requerida, teniendo especial cuidado de no preparar más de lo necesario, de igual forma, evitar adquirir cantidades excesivas que deben almacenarse año tras año, de esta forma se evita el riesgo de almacenamiento, deterioro de la sustancia y la necesidad de deshacerse del producto.

Destrucción química: consiste en utilizar reacciones químicas específicas para destruir el plaguicida, aunque efectiva, también tiende a ser costosa en sus requerimientos de equipo, reactivos adicionales y algunas veces, el problema final de desecho de los sobrantes de la reacción.

Una reacción bien característica es la hidrólisis o reacción con agua, relacionada especialmente con plaguicidas organofosforados, carbamatos y algunos herbicidas. En este tipo de reacción, el compuesto por degradar es convertido en un producto que tiene mucha menos actividad biológica.

Muchas veces, el uso de un álcali acelera considerablemente la reacción, por ejemplo, en el caso de parationes, la velocidad de la hidrólisis es acelerada mediante el uso de hidróxido de sodio, carbonato de sodio, cal o carbonato de calcio (sol. 5%).

En el caso de tambos o recipientes de metal, lo ideal es que sean lavados y utilizados nuevamente para el mismo producto, pero pueden descontaminarse de la siguiente manera:

CONTENEDOR	AGUA	DETERGENTE	SODA CAUSTICA
(-) 5 galones	1 pinta	1 cucharada	1 cucharada
5 galones	2 cuartos	2 cucharadas	$\frac{1}{2}$ taza
15 galones	1 $\frac{1}{2}$ galón	$\frac{1}{4}$ taza	$\frac{1}{2}$ libra
30 galones	3 galones	$\frac{1}{2}$ taza	1 libra
55 galones	5 galones	1 taza	2 libras

Quema o incineración: en este caso, los términos incineración o quema no se refieren a destrucción por fuegos abiertos, ya que ésto no es una práctica recomendada, la temperatura que se alcanza es muy baja para poder destruir completamente la sustancia química y puede dar origen a la formación de sustancias más tóxicas, además, los fuegos a la intemperie originan contaminación del aire.

Se ha descubierto que con estas prácticas en el aire, la concentración del paratió es superior al nivel permisible y cerca del fuego alcanza niveles peligrosamente tóxicos..

No es recomendable para disposición de los envases de papel ni de plástico.

Cuando se habla de incineración, no se habla de un método fácil ni barato. Para efectuarla debidamente se requiere de un equipo muy especial, un incinerador debe tener una temperatura de llama de 900° a 1200°C y una cámara de combustión donde el compuesto químico tenga un tiempo de residencia de por lo menos dos a diez segundos, dependiendo de la naturaleza del producto químico, dispositivos de control de contaminación apropiados para atrapar los compuestos que se forman durante la combustión (dioxido de carbono, óxidos de azufre..., etc.) para evitar daños al incinerador y prevenir la contaminación ambiental.

TEMPERATURAS REQUERIDAS PARA DESCOMPONER EL 98% O MAS DE UN PLAGUICIDA

COMPUESTO	TEMPERATURA °C
DDT	600
Picloram	900
Malatión	> 1000
Diuron	> 1000
Paraquat	700
2, 4 D	600

Desecho en el suelo: es mucho más efectivo que el químico, depende de una combinación de tratamiento químico y ataque microbiológico para degradar el compuesto a productos inocuos.

El sitio debe ser cuidadosamente escogido para evitar problemas de contaminación, principalmente de mantos acuíferos y lugares de actividad humana y animal.

Hay varias formas de utilizar este método. Uno de ellos consiste en que al final de cada día de trabajo, el material desechado sea cubierto por una capa de tierra y luego apelmazado con máquina para obtener selladura completa. Este método es cuando las cantidades son pequeñas.

La capa de tierra provee un medio de absorción de la sustancia química y, al mismo tiempo, existe suficiente actividad microbiana para ayudar a la degradación de los plaguicidas.

Otro sistema aplicado, es cuando se trata de grandes cantidades de desechos. Consiste en excavar pequeños fosos de aproximadamente 1.0 a 1.5 m y 2.5 m de

ancho. El fondo del foso se cubre con cal agrícola y carbón vegetal cuando se trata de un producto soluble en agua. Si hay disponible material orgánico como hojas o desechos animales, éstos se añaden al foso para aumentar la degradación.

Una cantidad limitada del producto se coloca en el foso y se cubre con una capa de suelo, cal, producto químico y desechos animales.

El foso no debe llenarse con la sustancia química a una distancia menor de 15 ó 20 cm de la superficie del suelo.

Luego el foso se cubre con tierra y es apelmazada firmemente.

La combinación de cal con materia orgánica, promueve la degradación de sustancias químicas, tales como organofosforados, carbamatos, amidas, triazinas e incluso organoclorados.

Los fosos deben guardar entre sí una distancia de por lo menos seis u ocho metros. Cabe nuevamente mencionar que el lugar debe ser escogido cuidadosamente para evitar la contaminación del agua y deben mantenerse medidas de seguridad para prohibir el acceso a personas sin autorización.

DEGRADACION DE PLAGUICIDAS EN SUELOS

CLASE DE PLAGUICIDA	TIEMPO QUE SE NECESITA PARA QUE SE DEGRADE LA MITAD EN EL SUELO (DIAS)	
	PROMEDIO	MAXIMO
Organofosforados	57	290
Triazinas	82	212
Carbamatos	172	817
Ureas aril sustituidas	355	3103
Organoclorados	2256	7987

R/A. Mercado y Ikahevitch

Disposición de envases: el descarte descuidado de bolsas de papel o de plástico, puede dar como resultado problemas de contaminación, especialmente si se descartan en zanjas o en corrientes de agua.

La mejor manera de descartarlas es enterrándolas según los métodos descritos anteriormente. No es aconsejable incinerarlas, ya que el plaguicida no se destruye completamente y producirá mayor contaminación del ambiente.

El descarte de botes de vidrio, plástico o pequeños recipientes de metal, presentan un problema diferente, ya que dichos envases pueden ser atractivos para otros usos, especialmente para almacenar agua, lo que ha dado origen a intoxicaciones humanas.

Los envases deben ser destruidos, ya sea quebrándolos o perforándolos.

Algunas veces, pueden limpiarse completamente, pero en ningún caso se recomienda su uso para contener agua potable o alimentos.

En envases de este tipo, siempre quedan uno o dos gramos de residuos del material técnico utilizado. Se recomienda que cualquier envase que contenga plaguicidas líquidos, sea enjuagado con agua o un disolvente apropiado, por lo menos tres veces, y que el enjuague se agregue a la mezcla de aspersión.

El enjuague debe efectuarse inmediatamente después de vaciar el envase, de esta manera, se elimina casi el 95 ó 96% del residuo sobrante.

Un tratamiento más cuidadoso consiste, en el caso de organofosforados y carbamatos, en el enjuague con una solución al 5% de hidróxido de sodio, carbonato de sodio o amoníaco, así como también utilizar carbón vegetal suspendido en agua, con ésto, se disminuyen los residuos de plaguicida a un nivel muy bajo o casi despreciable.

En el caso de grandes recipientes de metal, barriles, tambos, se les aplica destrucción química, descrita en párrafos anteriores o reacondicionamiento consistente en enjuagues con solventes orgánicos, limpieza a vapor y cambio de revestimiento.

Desechos en fábricas: la contaminación de los afluentes de aire y agua provenientes de una planta formuladora, plantea una serie de problemas:

Un filtro de dos pies de diámetro por diez pies de largo puede servir para un millón de galones de agua o más antes de que pueda ser reemplazado.

Otro método para eliminar del agua los plaguicidas, es el empleo de un extractor de contacto, aparato sencillo, donde el agua contaminada se filtra a través de una capa de disolvente como el aceite combustible, el agua se extrae continuamente mediante un sifón a fin de mantener el nivel apropiado, el afluente de agua es sometido luego a una etapa final antes de ser desaguado y consiste en retenerla en una alberca de asentamiento y degradación por 3 ó 5 días.

Para evitar la contaminación del aire, se debe colocar un filtro de carbón vegetal en el sistema de ventilación. Se coloca dentro del tubo de evacuación; después del abanico, una sección de este tubo de 2 ó 3 metros de largo se llena con el carbón, es una ayuda eficaz para eliminar vapores, el carbón debe ser reemplazado periódicamente.

Para finalizar, podemos decir que es preferible evitar la contaminación, es más fácil, de menor costo que tratar de corregirla cuando ésta ya ha ocurrido.

B I B L I O G R A F I A

1. ALDAYA, D. Consideraciones sobre plaguicidas y operarios. In Reunión COPANT/CIPA, 1a., Buenos Aires, Argentina, 1973. Plaguicidas y Residuos de Plaguicidas. pp. 1-17.
2. DAVIES, J. E. The Epidemiology of Pesticide Poisoning. AID/Seminar Workshop. San Salvador, El Salvador, 1973.
3. _____, FREED, V. H., SMITH, R. F. Enfoque Agromédico al Manejo de Pesticidas. Proyecto UC/AID. Manejo de Plagas y Protección Ambiental Relacionadas. pp. 46-66. 1976.
4. _____ Presentes problemas médicos de manejo de pesticidas. Proyecto UC/AID. Manejo de Plagas y Protección Ambiental Relacionada. pp. 1 - 8. 1976.
5. _____, SMITH, R. F., FRED, V. H. Agromedical Approach to Pesticide Management. Ann, Rev. Entomol. Vol. 23, pp. 353-366. 1978.
6. FERMIN, R. B. Intoxicaciones con pesticidas, Sintomatología de Terapia. División de Información y Documentación Técnica. Departamento de Sanidad Vegetal. Proyecto Dominico-Aleman. Santo Domingo, República Dominicana. 224 p. 1981.
7. FREED, V. H. Almacenamiento, Manejo y Desecho de Químicos. Proyecto UC/AID. Manejo de Plagas y Protección Ambiental Relacionada. pp. 115-124. 1976.

8. _____, CHIOU, C.T., HAQUE, R. Chemodynamic: Transport and Behavior of Chemicals in the Environment. A problem in environmental health. *Env. Health Perspectives*. Vol. 20, pp. 55-70. 1977.
9. _____ Suggestions on disposal of chemicals and container, AID Seminar Workshop. Guatemala, Guatemala, 1978.
10. _____ Prácticas para la prevención de la contaminación. Seminario Regional sobre Uso y Manejo de Plaguicidas en Centroamérica. ICAITI, Guatemala. pp. 380-390. 1978.
11. FUSTICK, W. R., SMITH, R. F. Problemas Mundiales de los Pesticidas. Proyecto UC/AID. Manejo de Plagas y Protección Ambiental Relacionadas. pp. 9-13. 1976.

SELECCION Y CALIBRACION DE EQUIPOS DE ASPERSION PARA
LA APLICACION DE AGROQUIMICOS EN EL CULTIVO DEL CAFE

Jorge Armando Alabí *

Mario César Ventura**

La calibración de equipos de aspersión en la aplicación de agroquímicos en el cultivo del café es importante realizarlo, debido a que nos permite determinar la cantidad de agua a utilizar por manzana en la cual se disolverá el químico.

Hay que recordar que los productos químicos y disoluciones recomendadas, si se usan en dosis más elevadas no producen mejor efecto, y si se usan en dosis bajas pueden ser menos eficaces; por lo que se hace necesario una buena calibración del equipo, obteniendo así una mayor eficiencia y economía en la aplicación.

OBJETIVO

Determinar el volumen de agua necesario en la aplicación de agroquímicos en el cultivo del café.

SELECCION DEL EQUIPO

Para la selección de los equipos, hay que tomar en cuenta las características de la finca y del equipo.

* Ingeniero Agrónomo, Departamento de Ingeniería Agrícola del Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café -ISIC-, Santa Tecla, El Salvador.

** Bachiller, Departamento de Ingeniería Agrícola del ISIC.

CARACTERISTICAS DE LA FINCA

1. Topografía
2. Extensión
3. Estructura del cafetal
4. Disponibilidad de mano de obra y agua.

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

1. Costo
2. Volumen de agua utilizada
3. Repuestos disponibles, accesorios y servicio de reparación
4. Buena construcción y resistencia a la corrosión.

SELECCION DE PERSONAL PARA REALIZAR LA APLICACION

1. Edad entre 18 y 35 años y complexión delgada
2. Que sea responsable y del personal permanente en la finca
3. Darle a conocer el equipo de aspersión con el que va a trabajar
4. Enseñarle la posición adecuada de aplicación (de acuerdo al tipo de daño)
5. Indicarle la forma correcta de manipuleo de las válvulas de abertura o cierre o palancas de acción de los equipos, ya sea manual o motorizada.

PRECAUCIONES

1. El aplicador deberá utilizar equipo adecuado: botas de hule, guantes, caretas, anteojos y overoles.
2. No aplicar con viento fuerte
3. No aplicar cuando se temen lluvias.
4. No aplicar cuando el cafetal está mojado.

MATERIALES Y EQUIPO NECESARIO PARA REALIZAR LA CALIBRACION

Recipientes

- Probeta graduada de 1000 cc
 - Cinta métrica o una vara de 2 metros
 - Cronómetro o reloj
 - Equipos de aspersión (manual o motorizada)
 - Pitas
 - Paletas para remover la mezcla
 - Estacas
 - Boquilla adecuada
 - Agua
 - Aceite
 - Gasolina
- } En caso de ser motorizada

PASOS A SEGUIR PARA LA CALIBRACION

- 1er Paso - Determinar primero: ¿cuántos centímetros cúbicos de agua por minuto (caudal) puede arrojar la boquilla (manual o motorizada).
- 2º Paso - Reconocimiento de la finca para verificar las características de los tablones, tales como: topografía, variedad, edad, población de plantas por manzana.
- 3er Paso - Delimitación de una parcela representativa de la finca.

Con una cinta métrica o vara de 2 metros, medir una parcela de 200 m², de 10 m de ancho x 20 m de largo, lo que equivale a 1/35 de manzana. Esto no quiere decir que estrictamente será esta área, puede ser un área mayor, pero no menor que la recomendada anteriormente. Siempre y cuando se hagan las relaciones del caso para efectos de cálculos. También se puede determinar el volumen de agua por el número de cafetos por unidad de área.

- 4° Paso - Seleccionar los equipos y el número de boquillas a utilizar en la aplicación.
- 5° Paso - Depositar en el equipo un volumen suficiente de agua, que alcance para asperjar la parcela seleccionada. En caso de ser los 200 m² pueden depositarse de 2 a 4 galones.
- 6° Paso - Realizar la aplicación en la parcela seleccionada a un paso normal de trabajo. La persona con el cronómetro podrá calcular el tiempo de aplicación en la parcela.
- 7° Paso - Medir en una probeta de 1000 cc u otro recipiente graduado, el volumen de agua que sobró, después de la aplicación y deberá anotar el gasto obtenido. Esta operación deberá repetirse por lo menos tres veces, procurando realizar la aplicación en el mismo tiempo que la aspersión inicial.
- 8° Paso - Determinar el gasto de agua por manzana, multiplicando el volumen promedio gastado en los 200 m² por 35 o aplicando una regla de tres simple, pudiendo este último relacionarlo con cualquier unidad de área, ya sean manzanas o hectáreas.

EJEMPLO TEORICO

APLICACIONES

GASTOS DE AGUA EN LA PARCELA

Primera	2.80 galones
Segunda	2.75 galones
Tercera	2.85 galones

T O T A L

8.40 galones

Entonces: 8.40 galones entre 3 = 2.80 galones de agua (gasto promedio)

$$= \underline{\text{Paso 7} = 2.80 \text{ galones/agua}}$$

2.80 galones x 35 = 98 galones de agua, gasto por manzana.

$$\underline{\text{Paso 8} = 98 \text{ galones/agua a necesitar por manzana}}$$

En caso de hacerlo por regla de tres simple, el resultado tiene que ser el mismo y se procede la siguiente manera:

APLICACIONES	GASTO DE AGUA
Primera	2.80 galones
Segunda	2.75 galones
Tercera	2.85 galones
	<hr/>
T O T A L	8.40 galones

Entonces: 8.40 galones entre 3 = 2.80 galones de agua (gasto promedio).

Luego:

Si en 200 m² se gastan 2.80 galones
en 7000 m² (1 mz) se gastarán x galones.

Haciendo la operación de la siguiente manera:

$$\frac{7000\text{m}^2 \times 2.80}{200 \text{ m}^2} \quad X = 98 \text{ galones/manzana}$$

CONSIDERACIONES A TOMAR CON LA CALIBRACION

1. Si el gasto es mayor del esperado, puede deberse a que el tiempo de aplicación por cafeto es mucho y produce escurrimiento, por lo que hay que disminuir el tiempo.
2. Si el gasto es menor del esperado, puede ser que el cubrimiento y la penetración sea deficiente, entonces tenemos que aumentar el tiempo de aplicación por cafeto.
3. Si el gasto es mayor o menor que el esperado, hay que cambiar la boquilla.

COMO HACER LA MEZCLA DE OXICLORURO DE COBRE

98 galones/mz \sim 2 barriles de agua de 54 galones/mz

1. Dosis por barril

Dosis recomendada: 5.5 lb/mz de oxiclорuro de cobre 50% C.M.

$5.5 \text{ lb} \div 2 \text{ barriles} = 2.75 \text{ lb de oxiclорuro de cobre/barril}$

2. Hacer premezcla, agregar agua en el barril hasta $\frac{1}{2}$ parte de la capacidad y poner gradualmente las 2.75 libras de oxiclорuro agitando constantemente la mezcla.
3. Antes de llenar cada aspersora, agitar la mezcla nuevamente.
4. Al terminar el trabajo del día, lavar la aspersora con suficiente agua y jabón.

“COMENTARIO DE ACTIVIDADES DEMOSTRATIVAS Y VISUALES”

Jorge Armando Alabí.*

Dentro de las actividades demostrativas y visuales de este curso presentadas para el combate químico de las plagas y enfermedades del cafeto, se mencionaron varios factores de mucha importancia, entre ellos: 1- Aplicar en el momento oportuno con la máxima cobertura; 2- Depositar la cantidad requerida de producto sobre un blanco bien definido; 3- Ajuste co -- rrecto del tamaño de las gotas; 4- Correcta calibración del caudal.

En cuanto al momento oportuno de la aspersion se expli-- có, que el éxito de una aplicación depende del momento en que se realice; se comentó que para el caso de herbicidas, si a -- plicamos un producto de pre-emergencia sobre malezas ya naci-- das, no se puede esperar un buen resultado; tampoco obtendre-- mos buen efecto si aplicamos productos de post-emergencia so-- bre malezas ya muy desarrolladas. Para el caso de plagas y enfermedades la elección del momento correcto es importante, de-- biendo tomar en cuenta los diferentes estados de desarrollo en el cual causan daño, momentos en los cuales el control fitosa-- nitario es más efectivo.

En cuanto a cobertura la efectividad de una aspersion depende en gran parte de la uniformidad del cubrimiento de la superficie. En esa oportunidad el Ing. Luis Ernesto Avelar, Ge-- rente Propietario de la Empresa AVELAR HNOS, presentó los ti-- pos de boquillas, filtros, usos y mantenimientos, demostrando que son las boquillas las que transforman el caldo en gotas y que presiones demasiado altas producen gotas finas que favore-- cen la cobertura.

* Ing. Agr. Jefe del Departamento de Ingeniería Agrícola. ISIC. El Salvador.

Técnicos de MOORE COMERCIAL y BAYER DE EL SALVADOR, presentaron las líneas de equipos manuales, motorizados y portátiles que distribuyen efectuando una práctica sobre sus piezas y funcionamiento; al mismo tiempo determinaron los volúmenes de caldo por hectárea que utiliza cada equipo, clasificándolos en (Alto Volumen), (Medio Volumen) y (Bajo Volumen).

Asimismo, el Dr. Alberto Honda y el Ing. Akira Kera, técnicos de la JACTO, Brasil, presentaron un video sobre los principales equipos aspersores utilizados en Brasil, que van desde los equipos portátiles, manuales, motorizados y estacionarios, hasta los asperjadores remolcados ó autopropulsados, observando en cada uno de ellos sus componentes, funcionamiento, mantenimiento y ventajas y desventajas de la aspersión en los diferentes cultivos.

Otro de los aspectos importantes que influyen en la técnica de aplicación es la cantidad requerida del producto. Se mencionó que para obtener un buen control de plagas y enfermedades, así como controlar malezas, es necesario utilizar la dosis que se recomienda y que está generalmente indicada sobre la etiqueta; se recalcó que dosis demasiado altas o bajas que las recomendadas no son convenientes.

Respecto al factor sobre la correcta calibración del caudal, el Dr. Víctor M. Urrutia, de MONSANTO-GUATEMALA, expuso que en el momento de la calibración del equipo es necesario que todas las piezas de la asperjadora estén en buenas condiciones; lográndose de esta manera depositar el volumen del caldo de aspersión deseado por hectárea.

Se manifestó que, debido a la escasez de agua en las fin

cas, es necesario utilizar bajos volúmenes (40 a 100 L/ha), recomendándose las boquillas de cono hueco, ideales para el control de plagas y enfermedades y de abanico plano para ma_lezas. Las boquillas cónicas tales como la Delavan HC-3-70, TX-2.5 y TX-30, son muy efectivas para parchoneos y general_lmente son las boquillas que tienen descargas más bajas en mililitros por minuto.

Prácticas de tecnología de aplicación a nivel de campo se realizaron en la finca "El Espino", municipio de Antíg_uo Cuscatlán, El Salvador, por el Ing. Akira Kera, Dr. Al_lberto Honda y el Dr. Myron Shenk, sirvió de excelente labora_torio al explicar los pasos de la calibración de los equipos y el ajuste correcto del tamaño de las gotas.

Así también presentaron el método de evaluación de los equipos aspersores utilizando papel sensible al agua (Ciba Geigy, Spraying Systems), el cual consistió en colocar dicho papel en los tres estratos del árbol, tanto de la parte exter_na como interna del cafeto, así como del haz y envés de las hojas; posteriormente se realizó la aspersion con los diferen_tes equipos y se esperó 20 minutos para que secaran; luego se colectaron y se observó en el papel, el tipo de cobertura y penetración y se estimó el tamaño de gota.

El Ing. Jorge H. Echeverri, de PROMECAFE, desarrolló el tema "Estrategia del control químico de la roya del cafeto", presentando una serie de diapositivas (slides) en donde mos_tró las formas del aprovechamiento de la precipitación pluvial, así como el detalle gráfico de los tanques de captación y alma_nenamiento de agua para el eventual combate químico de la en_fermedad.

En este mismo evento también se destacó la participación del Ing. Marco Antonio Escobar, quien desarrolló el tema "Problemas de nemátodos en café". En esta exposición se mencionó que es necesario la investigación del uso y épocas de aplicación de nematicidas, en almácigos y a nivel de campo para contrarrestar el máximo daño que ocasiona Pratylenchus coffeae. En la misma exposición también se proyectaron y explicaron los slides sobre el ciclo biológico, daños y reconocimiento de los distintos géneros de nemátodos asociados al cultivo del café.

Todas estas exposiciones, de las cuales desafortunadamente no contemplaban documentos escritos, fueron de mucho interés para los participantes; además cubrieron ampliamente los objetivos perseguidos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Realizar trabajos de evaluación de equipos aspersores en U.B.V. y B.V., tratando de disminuir los gastos de agua, así también determinar en base a la topografía, manejo, distanciamientos y recursos existentes en la finca, el equipo de mejor adaptación.
2. Realizar ensayos de evaluación de aspersoras, usando equipos de mayor uso en el país; incorporando en ellos boquillas, tamaños de lanzas para reducir los gastos de agua y mejorar la eficiencia de las aplicaciones de acuerdo al manejo del cafetal.
3. Debido a que el agua es un elemento indispensable para el control químico de las plagas y enfermedades del cafeto, se recomienda describir los medios de captación y almacenamiento de agua que podrían emplearse en una finca de acuerdo a las instalaciones existentes.
4. Sugerir a los técnicos y caficultores que trabajan con equipos aspersores, elaborar la mezcla química en base a concentración de agroquímicos, asimismo, emplear mezclas de plaguicidas para ejercer un control simultáneo de plagas y enfermedades; lográndose de esta manera reducción de las aplicaciones a un menor costo.
5. Desarrollar investigaciones sobre patrones de distribución y dinámica poblacional de plagas y enfermedades a nivel de planta y de finca; para determinar el equipo y la forma de aplicación.
6. Mantener evaluaciones permanentes de nuevos equipos de aspersión, con el fin de conocer sus innovaciones y demás características de fabricación.

Asi también, conocer la influencia del clima planta y el hombre como técnica de aplicación.

7. Intercambiar información en base a experiencias de equipos de aplicación, para desarrollar una metodología común de evaluación que nos compruebe la eficiencia de los equipos manuales, motorizados y estacionarios.
8. Continuar anualmente la realización de cursos de esta naturaleza, proporcionando la nueva información sobre la tecnología de aplicación de agroquímicos.

LISTA DE PARTICIPANTES

PAIS	NOMBRE	PROFESION	INSTITUCION
El Salvador	Jorge Armando Alabí M.	Ingeniero Agrónomo	Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café (ISIC)
	Manuel R. Jaimes Solís	Agrónomo	ISIC
	Mario César Ventura	Bachiller Agrícola	ISIC
	Freddy Salvador Cárcamo S.	Agrónomo	ISIC
	Filonila Reyes de Romero	Lic. en Biología	ISIC
	Ricardo Romero Cubfas	Ingeniero Agrónomo	ISIC
	Julio César Bonilla G.	Ingeniero Agrónomo	ISIC
	Enrique A. López García	Biólogo	Centro Nacional de Tecnología Agrícola (CENTA)
	Reina Flor G. de Serrano	Ingeniero Agrónomo	CENTA
	José Armando Díaz Carranza	Agrónomo	Dirección de Defensa Agropecuaria
José Agustín Hernández	Agrónomo	Dirección de Defensa Agropecuaria	
Efraín Antonio Andino	Contador e Inspector de Cuarentena Agropecuaria	Dirección de Defensa Agropecuaria	

PAIS	NOMBRE	PROFESION	INSTITUCION
El Salvador	Jesús Romero Ayala	Agrónomo	Escuela Nacional de Agricultura (ENA)
	Edgar Efraín Hernández	Ingeniero Agrónomo Fitotecnista	E N A
	Fabio Bautista Pérez	Ingeniero Agrónomo Fitotecnista	Universidad Evangélica de El Salvador
	Eduardo Rivera Fagundo	Ingeniero Agrónomo	Facultad de Agronomía Universidad de El Salvador
	César Adalberto López	Agrónomo	Banco de Fomento Agropecuario
	Ricardo Rafael Velásquez	Agrónomo	I N C A F E
	Luis Eduardo Torres Mena	Estudiante de Ingeniería Agronómica	I N C A F E
	Guillermo Otero M.	Ingeniero Agrónomo	O I R S A
	Salvador Ernesto Portillo M.	Ingeniero Agrónomo	MOORE COMERCIAL, S. A.
	Ramón Sergio Castro F.	Agrónomo	MOORE COMERCIAL, S. A.
Juan Francisco Pérez A.	Agrónomo	AVELAR HNOS., S.A. de C.V.	

PAIS	NOMBRE	PROFESION	INSTITUCION
<u>Guatemala</u>	Sergio Gustavo Alvarez M.	Agrónomo	A N A C A F E
	José Luis Galicia Guillén	Agrónomo	A N A C A F E
	Oscar Alberto Meléndez M.	Ingeniero Agrónomo	COMISION CONTRA LA ROYA DEL CAFE
<u>Honduras</u>	Jorge Alberto Montoya Aplícano	Ingeniero Agrónomo	I H C A F E
	Jorge Arnaldo Donaire Dubón	Fitotecnista	I H C A F E
	Raúl Isafas Muñoz	Ingeniero Agrónomo M. S. Entomología	I H C A F E
<u>Nicaragua</u>	Marcos José García O.	Agrónomo Zootecnista	M I D I N R A
	Roberto José Jarquín C.	Técnico Agrónomo	Dirección de Café - MIDINRA
	Juan Noel Dávila Rodríguez	Ingeniero Agrónomo	Dirección de Café - MIDINRA
<u>Costa Rica</u>	Luis Alfredo Montes Pico	Ingeniero Agrónomo	Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)
	Marco Antonio Alvarado	Ingeniero Agrónomo	M A G
	Luis Fernando Barrantes	Ingeniero Agrónomo	M A G

PAIS	NOMBRE	PROFESION	INSTITUCION
<u>Panamá</u>	Emmanuel J. Rodríguez P. Víctor Buenaño Fernando Augusto Cárdenas N.	Bachiller Agropecuario Técnico Agropecuario Ingeniero Agrónomo	Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) M I D A M I D A
<u>México</u>	Jacinto Cruz Baez Jorge García Sánchez	Ingeniero Agrónomo Ingeniero Agrónomo	Instituto Mexicano del Café Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
<u>República Dominicana</u>	Francisco Antonio Almonte B.	Agrónomo	Secretaría de Estado de Agricultura. Departamento de Café

AGRADECIMIENTOS

Esta Memoria resume algunas de las interesantes exposiciones presentadas al Curso Internacional sobre Tecnología de Aplicación de Agroquímicos en Café, celebrado en San Salvador del 11 al 22 de noviembre de 1985, el cual fue coordinado por el Dr. Zifa U. Javed, Especialista de PROMECAFE.

Lamentamos no incluir los documentos de otras exposiciones, ya que los mismos no fueron presentados al Coordinador o se encontraron incompletos al momento de la revisión y edición de esta Memoria.. Esperamos la comprensión de los participantes y lectores con respecto a lo anterior y también por el atraso en la distribución del presente documento.

Nuestro sincero agradecimiento a la Jefatura de PROMECAFE al confiarnos la publicación de esta Memoria, un especial reconocimiento a la señora María Luisa Méndez de Quiñónez por su colaboración en la preparación de los documentos y al USAID/ROCAP, Proyecto 596-0090 por el financiamiento para la publicación de esta Memoria.

Los Editores

FECHA DE DEVOLUCION

2 ABR. 2002		
1/6/05		

IIPA
 PM-AI/SV
 B7-010

Autor *Wagner* Curso-Internacio-
 Titulo *nal sobre tecnologia de*
aplicacion de agroquimien
 Fecha Devolucion *12 ABR. 2007* Nombre del solicitante *M. Rivere*



