

AGRICULTURA, SALUD PUBLICA Y CONSIDERACIONES AMBIENTALES:

APLICACION DE PLAGUICIDAS

Freed, V.H.*

Fowler Jr., H.W.**

RESUMEN

Este capítulo trata sobre métodos de aplicación eficaz y segura de plaguicidas. Enfatiza la importancia de seguir las instrucciones de las etiquetas de plaguicidas como base para la prevención de intoxicación humana y contaminación del ambiente. Comenta sobre la selección del producto químico y su formulación apropiada; el uso de equipo adecuadamente diseñado; y la aplicación de productos químicos en condiciones climáticas deseables. La adopción de procedimientos correctos para reducir marcadamente los riesgos de plaguicidas y asegura la obtención de resultados por uso de plaguicidas sin interrupción de otras prácticas agropecuarias.

* Director, Environmental Health Sciences Center, Oregon State University.

**Research Professor Agromedicine, University of Miami.

Reproducción, con autorización de los editores, del Capítulo XIII de: Un enfoque agromédico sobre manejo de plaguicidas; algunas consideraciones ambientales y de salud. Washington, D.C., OPS/OMS; Consorcio para la Protección Internacional de Cultivos. Berkeley, California.

INTRODUCCION

Existen dos razones determinantes para la aplicación adecuada de plaguicidas. Primero, el material es costoso y el uso indebido reporta muchos gastos. Puede desperdiciarse material, como es el caso de aplicación excesiva, o fracasar en el control de la plaga debido a mala elección del momento, mala distribución y dosificación inadecuada. La segunda razón que demanda aplicación adecuada y cuidadosa es que estos materiales son biocidas potentes. El uso indebido o descuidado del material puede causar exposición de humanos, destrucción o lesión a organismos benéficos o económicamente importantes, o finalmente causar contaminación ambiental indeseada (Green, *et al.*, 1977; Matthews, 1979).

El no aplicar los plaguicidas adecuadamente, en consecuencia, puede exacerbar uno o más de los cuatro problemas básicos del manejo agromédico de plaguicidas. Puede ocasionar exposición humana, producir residuos indeseados, contribuir al desarrollo de resistencia o plantear un problema de desecho. Por otro lado, el uso y la aplicación correcta minimizan el potencial de estos problemas, ocasionan control eficaz de plagas, logrando así la producción deseada de alimentos y protección sanitaria.

La aplicación adecuada para manejo seguro, eficaz y económico de plagas comprende la consideración de varios factores (Coppedge, *et al.*, 1975; Dejonckheere, *et al.*, 1976; Green, *et al.*, 1977; Matthews, 1979). Con alta prioridad en la lista de consideraciones importantes está la selección del producto químico y formulación apropiada para uso en el cultivo y la plaga a controlarse. Esto considerará no solamente la eficacia del plaguicida sino también su seguridad, facilidad de aplicación, y en algunos casos, si deja residuos que serían indeseables para el cultivo siguiente.

El próximo elemento a evaluarse es cuál es el mejor método y momento para la aplicación, considerando topografía, clima, cercanía al agua, protección de humanos y organismos deseables, así como cultivos adyacentes (NAS 1975; Manual de Prácticas Seguras, 1980). Además el método de aplicación puede incidir sobre el depósito residual en el área tratada en eficacia de control y residuos que pueden persistir (Green, *et al.*, 1977; Manual de Prácticas Seguras, 1980). Otros factores en la creación de aplicación segura y eficaz comprenden el tamaño de área a tratarse, el tiempo disponible para tratamiento, el tipo de portador--si es rociado, y la logística de transportar tanto el equipo como el producto químico al área a tratarse.

Este capítulo no intenta tanto ser un tratado técnico sobre técnicas de aplicación, sino más bien pretende recordar al lector algunos de los puntos importantes en la aplicación y en la observación de procedimientos seguros, orientados al manejo eficaz de plagas. Los fabricantes de equipos y productos químicos así como los distribuidores proporciona información específica sobre las prácticas recomendadas para su producto. Además, existen numerosos artículos y libros técnicos que tratan detalles del equipo y su uso al aplicar plaguicidas.

FORMULACION Y METODOS DE APLICACION

Cuando se ha determinado que el manejo de plagas requiere la aplicación de plaguicidas, una de las primeras decisiones sobre aplicación adecuada es seleccionar el producto químico y la formulación apropiada para el cultivo, la plaga

a controlarse, y el área en que se empleará. La seguridad del material para los humanos y el ambiente, así como la economía de uso, son dos principios que se emplean en la selección de un producto químico y su formulación (Collins, 1974; Green *et al.*, 1977). El tercer elemento en consideración puede ser seleccionar un producto químico diferente del que se había empleado en ciclos previos de cultivo para atenuar o desacelerar el desarrollo de la resistencia. A veces, no es posible observar este último punto por causa de la variedad limitada de materiales disponibles para control de ciertas especies (NAS, 1975).

Al seleccionar un producto químico para un problema dado de plagas, es deseable evaluar las propiedades químicas y biológicas del plaguicida, la biología de la plaga, y la relación de estos elementos con las condiciones en que se empleará el material. Un producto químico que persiste mucho más de lo que se requiere para control puede ocasionar residuos indeseables en el cultivo o el suelo, afectando así el cultivo subsiguiente o convirtiéndose en contaminante ambiental. Por otro lado, si se está intentando controlar, por ejemplo, una maleza perenne a través de un esterilizante del suelo, es esencial una persistencia de duración suficiente para matar a la planta. No obstante, otra característica del producto químico que puede ser importante es su volatilidad (Que Hee y Sutherland, 1974). Si el producto químico es particularmente volátil, bajo condiciones de calor puede perderse tan rápidamente como para ser bastante menos eficaz que un producto químico de volatilidad algo menor pero actividad biológica inferior. Así adquiere significatividad en manejo seguro y eficaz de plagas el armonizar el producto químico y las propiedades biológicas del material con la biología del organismo y las condiciones de aplicación. Ello puede permitir menos aplicaciones y menor tendencia al exceso de aplicaciones.

El equipo para aplicación en su mayor parte es determinado por la formulación escogida, (Matthews, 1979). Así, con líquidos (excepto fumigantes) el método común de aplicación es la rociada. Por otro lado, las formulaciones sólidas como polvos y gránulos requieren un equipo de aplicación diferente.

Las formulaciones líquidas incluyen variedad de tipos, desde materiales solubles en solución a concentrados emulsionables hasta preparaciones fluídas que pueden ser productos químicos finamente molidos y en suspensión o productos microencapsulados (Collins, 1974; Dejonckheere, *et al.*, 1976). Además, puede haber una variedad de aditivos que se emplean para mejorar la aplicación, la adherencia y reducir pérdidas después de la aplicación de rociados.

El polvo humectable es una formulación -no un líquido que se aplica como rociado. Esto, se recordará, es una formulación donde el ingrediente activo se deposita en un polvo, y se incorpora al mismo un agente humectante y de dispersión para que el material se suspenda en agua para el rociado.

Las formulaciones granulares consisten en un ingrediente activo impregnado con gránulos de materiales apropiados. Los gránulos pueden ser de tamaño variado desde muy pequeños hasta el tamaño de una semilla de soja, según el producto químico y su forma de empleo. Las formulaciones granulares usualmente se diseñan para aquellos productos químicos que son activos a través del suelo (Coppedge, *et al.*, 1975) o que pueden ser sistémicos, siendo recogidos por las raíces de la planta y transportados a la parte superior. Como los polvos, los gránulos pueden aplicarse con equipo manual muy elemental hasta un equipo mecánico adecuadamente diseñado. Una de las ventajas del material granular es que el movimiento durante la aplicación se minimiza y también las pérdidas por

volatilización del producto químico. Los gránulos frecuentemente se emplean para aplicación en franjas o surcos antes de sembrar. Nuevamente, con un ingrediente activo dado, la formulación granular tendrá un margen algo más grande de seguridad en cuanto a toxicidad humana que un material comparable en forma de líquido (Manual de Prácticas Seguras, 1980).

El agua es un portador común para aplicación de rociados, pero en otros casos, particularmente aplicación de bajo y ultra bajo volumen de ciertos insecticidas, el aceite puede ser el portador de elección. Las aplicaciones de rociados se dividen a grandes rasgos en aplicaciones de alto volumen que puede ser 500 litros o más por hectárea; aplicaciones de bajo volumen que pueden estar más en el rango de 50 a 75 litros por hectárea; hasta las aplicaciones ultra bajas de volumen que pueden ser tan reducidas como un litro por hectárea (Matthews, 1979). Una aplicación líquida bastante especializada es la de aerosoles. Los aerosoles se presentan tanto en envases pequeños familiares presurizados de uso doméstico, como en generadores grandes de niebla empleados a menudo para el control de mosquitos.

Los polvos son elementos finamente molidos, usualmente arcilla, sobre los que se ha depositado el plaguicida. Las concentraciones de ingrediente activo pueden variar de 5 por ciento o menos hasta llegar a un 20-25 por ciento. Los polvos pueden aplicarse manualmente empleando equipo tan simple como un paño, una lata para mezclar o pulverizadores manuales para áreas limitadas, o se pueden emplear pulverizadores mecánicos para tratar áreas mayores. Los polvos, aunque son cómodos para transportar y no requieren portador adicional, tienen ciertas limitaciones para aplicación por dispersión. En primer lugar, los polvos son relativamente más difíciles de controlar en una aplicación que un rociado correctamente formulado o que los gránulos. Además, mientras que los polvos pueden dar más seguridad a un ingrediente activo en lo que respecta a la toxicidad humana, al mismo tiempo ocasionan una actividad biológica algo inferior al ingrediente activo que requiere una cantidad levemente mayor de aplicaciones para lograr el mismo grado de control de plagas. Por otro lado, los polvos son cómodos porque vienen listos para usar, pueden aplicarse con un aparato relativamente simple, y son útiles para tratamientos localizados, por ejemplo, unas pocas plantas en un jardín (Green, et al., 1977; Matthews, 1979).

En la aplicación misma, hay varios factores que inciden sobre la seguridad y eficacia del tratamiento. Existen pérdidas en el uso de plaguicidas debido, en parte, a factores ambientales y en parte a formulación y método de aplicación, que pueden incidir tanto sobre la seguridad como en la eficacia de un tratamiento. Son elementos como el portador y los aditivos en la formulación, la presión y tipo de válvulas empleadas en una rociada, y naturalmente factores ambientales como temperatura, viento, humedad relativa y precipitación pluvial (Djonckheere, et al., 1976; Green, et al., 1977). Los rociados y polvos tienen mayor probabilidad de ir a la deriva con el viento que los gránulos simplemente por causa de la diferencia en el tamaño de partícula. Sin embargo, en el caso de los rociados, el uso de válvulas de tamaño apropiado y una presión tan baja como sea compatible con la operación correcta de la válvula asegurará gotas más grandes, y en consecuencia menos movimiento (Akesson, et al., 1974; Akesson, et al., 1972; Matthews, 1979). Con los pulverizadores mecánicos, se ha desarrollado equipo para reducir el problema de movimiento y polvo. En efecto, tanto en rociadores como en pulverizadores, se han incorporado dispositivos electrostáticos para colocar una carga en la partícula provocando así una atracción a la superficie de la hoja, lo que asegura un mejor depósito y menos dispersión.

Es importante, naturalmente, tener un depósito apropiado, particularmente donde se están tratando superficies de plantas. Cuando un insecto es relativamente sedentario, o en el caso de un rociado de contacto para control de malezas, es necesario una cobertura minuciosa. Por otro lado, si el material es de acción sistémica, el depósito de unas gotas grandes, aunque estén bastante dispersas, puede ser igualmente eficaz. Para lograr una distribución más uniforme del depósito, pueden emplearse agentes activos superficiales.

Siempre debe prestarse gran atención a las condiciones del tiempo. Los vientos provocan que las partículas de plaguicida se distribuyan parejamente y promueven dispersión lejos de las áreas a las que estaba orientado el tratamiento. En general, es deseable hacer aplicaciones cuando el viento está relativamente quieto y durante las horas más frescas del día. Esto naturalmente no siempre es posible, y en algunos casos no es aplicable. Sin embargo, debe recordarse que con un aumento de viento hay mayor dispersión y también una mayor rapidez de evaporación del portador que agrava aún más el problema de dispersión (Matthews, 1979; Que Hee y Sutherland, 1974). En general se recomiendan las reglas siguientes:

1. Las aplicaciones de plaguicidas en tierra no deben hacerse en presencia de vientos de más de 10-15 millas por hora (m.p.h.). (16-24 Km por hora).
2. Las aplicaciones aéreas deben aplazarse cuando los vientos son mayores de 6 a 8 m.p.h. (9.6-13 Km por hora).
3. Los herbicidas fenoxi (por ejemplo 2,4-D) nunca deben aplicarse con vientos laterales en dirección a plantas sensibles a las que no está dirigido el tratamiento.
4. El tratamiento debe aplazarse si la lluvia es inminente. La precipitación que sigue poco después del tratamiento puede reducir significativamente la eficacia de plaguicidas.

Considere el tema de la dispersión del plaguicida durante la aplicación. Todo material que no alcance el área programada de tratamiento es ineficaz y en consecuencia un desperdicio así como un contaminante potencial del ambiente. La dispersión, naturalmente, se debe en parte a factores ambientales, por ejemplo viento, técnica de aplicación, pero quizás a un grado no apreciado puede deberse a la misma formulación. Las partículas, especialmente las de rociado, menores de 100 micrones de diámetro, tienen mucha probabilidad de dispersarse fuera del área programada incluso con una incidencia muy leve de viento. Hasta cierto punto, las modificaciones del volumen de aplicación, el portador, la presión y la válvula controlan el tamaño de la gota. Sin embargo, un factor que puede ser de alguna importancia es la vaporización del portador con la gota, provocando que sea de mayor diámetro y en consecuencia, mayor tendencia a la dispersión. El problema aquí entonces no depende del mismo producto químico sino del portador y la aplicación. Lo que se necesita, entonces, si se estuviera haciendo una aplicación de rociado bajo condiciones de baja humedad relativa y alta temperatura, puede ser un agente en la formulación para asegurar el mantenimiento de un tamaño más grande de gota. Algún trabajo reciente ha revelado varios agentes, notablemente los poliglicoles, que pueden ser eficaces a concentraciones relativamente bajas efectuando precisamente esta tarea. Para ilustrar más plenamente el problema de evaporación del portador, considerar la información en Cuadro 1 y Figuras 1 y 2.

CUADRO 1. Tasa de Evaporación (H₂O, 86°F, 50% humedad relativa).

Diametro de la gota en micrones	Duración	Distancia de Caída
200	56 segundos	69 pies
100	14 segundos	6 pies
50	3.5 segundos	1.25 pies

Habiendo alcanzado el objetivo que en este caso puede ser la hoja de la planta, el depósito se somete a descomposición fotoquímica, vaporización y en muchas áreas lavado por precipitación intensa. Muchos de los productos químicos que empleamos son particularmente susceptibles a descomposición por luz ultravioleta. Sería de esperar, en consecuencia, que a medida que vamos de la latitud norte hacia los trópicos, el problema de descomposición fotoquímica aumentaría. La razón es la mayor proporción de luz ultravioleta que alcanza la superficie de la tierra debido a una capa más delgada de ozono.

No hemos tenido mediciones de campo que nos digan precisamente cuán grande es el problema de descomposición fotoquímica en cuanto a la persistencia química, pero sin pensar mucho nos damos cuenta que con algunos compuestos puede ser muy importante. En consecuencia, si la descomposición fotoquímica es de importancia particular para el producto químico específico, parecería ser que tendría que formularse diferente para ajustarse a las condiciones variables de luz. Si tenemos agentes para proteger a la piel humana de demasiada radiación ultravioleta, parecería también factible desarrollar una formulación que contenga un agente para proteger al plaguicida de la radiación.

La pérdida de depósito químico a través de volatilización, particularmente dentro de las primeras horas de depósito, es probablemente apreciable (Green, et al., 1977). Para ilustrar los índices relativos de pérdidas de vapores de compuestos diferentes se ha elaborado el Cuadro 2. Como puede observarse en esta información, las pérdidas pueden ser muy sustanciales. Las mismas ocurren durante las primeras horas que siguen a la aplicación antes de que el producto químico haya tenido oportunidad de absorberse en las superficies.

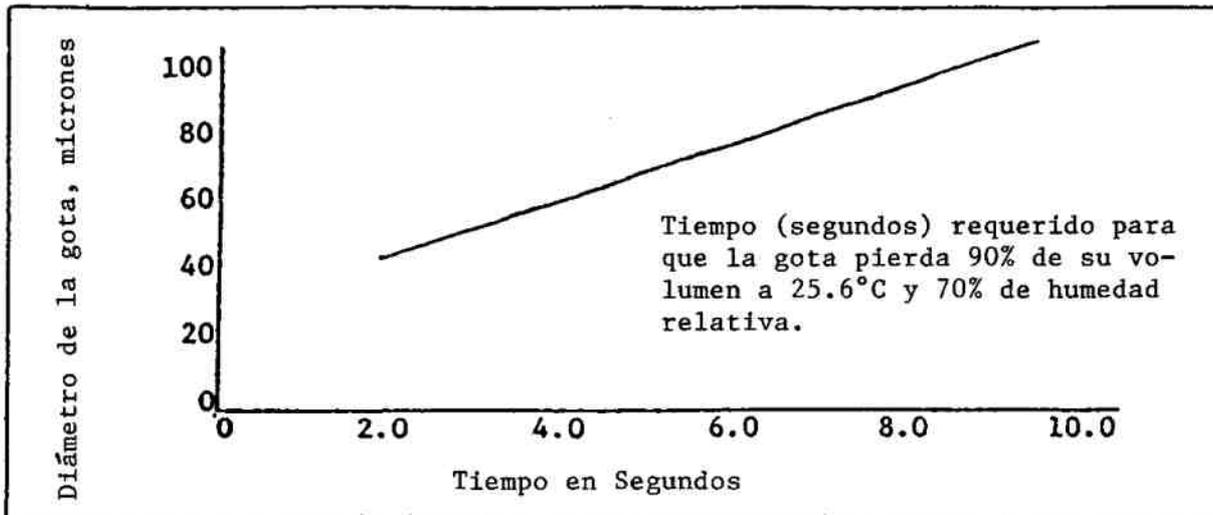


FIGURA 1. Evaporación versus tamaño de gota.

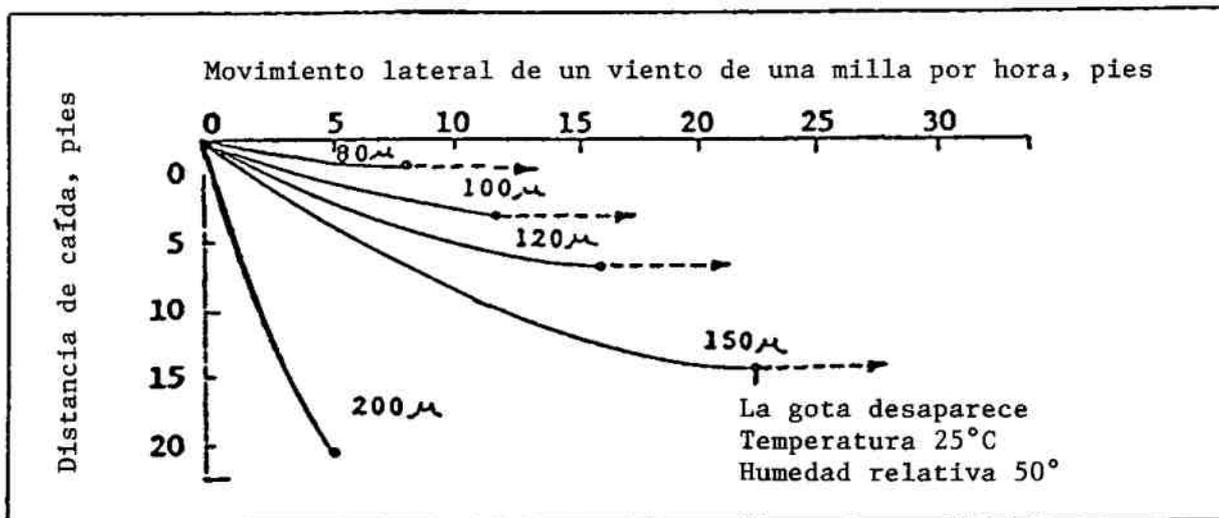


FIGURA 2. En relación de distancia de caída por el aire con movimiento lateral para gotas de agua que caen a velocidad terminal en un viento de una MPH.

CUADRO 2. Indices de evaporación de productos químicos.

(g/cm ² -horas) Compuesto	P (mm Hg)	PERDIDA DE EVAPORACION	
		Experimental	Calculado*
Diclofenti3n (20°C)	5.6 x 10 ⁻⁴	7.8 x 10 ⁻⁷	2.3 x 10 ⁻⁶
Fenitroti3n (20°C)	2.2 x 10 ⁻⁴	2.7 x 10 ⁻⁷	8.7 x 10 ⁻⁷
Malati3n (20°C)	3.4 x 10 ⁻⁴	5.8 x 10 ⁻⁷	1.5 x 10 ⁻⁶
Parati3n (20°C)	3.8 x 10 ⁻⁵	1.7 x 10 ⁻⁷	1.5 x 10 ⁻⁷
Ronnel (20°C)	5.5 x 10 ⁻⁵	9.2 x 10 ⁻⁸	2.3 x 10 ⁻⁷
Dursban met3lico (20°C)	3.4 x 10 ⁻⁵	3.8 x 10 ⁻⁸	1.5 x 10 ⁻⁷
Dicaft3n (20°C)	3.6 x 10 ⁻⁶	~1.5 x 10 ⁻⁸	~1.5 x 10 ⁻⁸

*Q_{cal} = $\bar{\beta}$ P (M/2 π RT)^{1/2}, donde $\bar{\beta}$ es la constante media de evaporaci3n y tiene un valor $\bar{\beta}$ = 1.94 x 10⁻⁵ (\pm 11% S.D.); P es la presi3n de vapor a T de temperatura ($^{\circ}$ K).

En algunas regiones, particularmente las regiones tropicales hmedas, el lavado de un dep3sito es probablemente un mecanismo muy importante de p3rdida. Las 20 a 25 aplicaciones de rociados a menudo empleados en el algod3n en las regiones tropicales tienen el requisito de mantener un dep3sito biol3gicamente eficaz de plaguicidas. Adem3s de la descomposici3n y volatilizaci3n fotoqu3micas, las p3rdidas sustanciales de dep3sito qu3mico se deben a precipitaci3n intensa. Precisamente la intensidad de esta precipitaci3n en regiones tropicales se ilustra en el Cuadro 3. Con alrededor de 12 pulgadas de lluvia en 24 horas no es dif3cil visualizar un lavado casi completo de un dep3sito de plaguicidas en la superficie de la hoja. Si fuera posible dise1ar una formulaci3n que tuviera considerable resistencia al lavado y al mismo tiempo retuviera su eficacia biol3gica, podr3a haber una disminuci3n sustancial en el n3mero de aplicaciones y en consecuencia la cantidad de producto qu3mico requerido para control de plagas. Esto no solamente reducir3a la p3rdida de plaguicidas -lo que redundaba en mayor eficacia- sino que tambi3n tendr3a el beneficio de reducir la incidencia de toxicidad humana y el problema de contaminaci3n ambiental.

CUADRO 3. Precipitación.

	24 hrs (mm)	Anual (mm)
San Salvador	321 (normal en junio)	1,778
Concordia, Kansas	164 (Mayo)	644

(Reconocimiento Mundial de Climatología, Almanaque Meteorológico)

APLICACION Y EQUIPO

Hay una gran variedad de equipos disponibles para aplicación de plaguicidas (Akesson, et al., 1974; Akesson, et al., 1972; Matthews, 1979). Puede variar desde dispositivos simples tales como envases con tapas perforadas para agitar un polvo o gránulo en pulverizadores simples y rociadores sostenidos manualmente hasta equipo mecánico complejo para aplicación tanto terrestre como aérea. Gran cantidad de plaguicida es aplicado con un equipo llevado por una persona o sostenido manualmente, particularmente en áreas pequeñas o en control de vectores para salud pública. El tipo de equipo disponible varía de país a país según la fuente de suministro o fabricantes locales. La siguiente no pretende ser una lista completa de los diferentes tipos de equipo sino una mera ilustración de algunos de los tipos disponibles.

En primer lugar, naturalmente, están los elementos del equipo de aplicación que son llevados individualmente. Para aplicación de líquidos existe una variedad de rociadores sostenidos manualmente o transportados por personas. Entre ellos:

Bomba de rociado. Este tipo de rociador tiene una bomba interna para comprimir el aire que suministra potencia para la rociada. Dicho rociador, llevado al hombro o en la espalda, puede ser equipado con diferentes tipos de válvulas o inclusive aditamentos cortos con tres o cuatro válvulas para cubrir una hilera, como puede desearse al rociar un cultivo como el arroz. Es importante con este tipo de rociador, como también con el próximo a describirse, que el orificio de llenado, las mangueras y cualquier cañería o conexión de válvula sea firme para evitar la exposición del operador a la mezcla de rociado.

Rociador tipo mochila. El rociador tipo mochila depende de una bomba interna o externa, operada de continuo manualmente, para desplazamiento del líquido de rociado. Es un tipo de rociador muy empleado ya que el operador tiene control continuo del desplazamiento o presión de rociado. Como se indicara anteriormente, el equipo necesita ser examinado cuidadosamente para prevenir fugas o derrame de aberturas para evitar así la exposición del operador.

Aplicadores controlados de gota. Los aplicadores controlados de gota son relativamente nuevos en el ámbito del rociado. Básicamente constan de un disco

que gira rápidamente impulsado por pilas de linterna. Este equipo aplica el producto químico a un volumen muy bajo mediante un disco giratorio, que produce un tamaño muy controlado de gota. Aunque requieren un poco más de atención en su mantenimiento y un suministro continuo de baterías para su funcionamiento, estos rociadores están popularizándose mucho pues proporcionan una aplicación algo controlada, requieren bajos volúmenes de portador y permitirán que una sola persona cubra un área bastante grande en un día.

Nebulizadores cargados en la espalda. Usualmente es impulsado por un motor a gasolina pequeño y liviano, y se emplea en aplicaciones de volumen ultra bajo. Es útil cuando el plaguicida puede aplicarse en forma de gotas muy pequeñas con el viento del ventilador movido por el motor, impulsando la nebulización hacia el área de tratamiento. El tamaño pequeño de gota asegura una uniformidad mayor de cobertura pero también permite un problema mayor de dispersión del rociado. El nebulizador probablemente se emplea con más frecuencia para aplicación de insecticidas y fungicidas en cultivos vegetativos y arbóreos de lo que se emplearía para aplicación de herbicidas.

Aplicación con paño. La aplicación de un paño saturado con un producto químico sobre una maleza para aplicación controlada está aumentando en popularidad. Durante años se ha sumergido un paño en una solución de producto químico aplicándolo luego en una planta, pero sólo recientemente se han desarrollado dispositivos para aplicación más sistemática con este método. Los dispositivos son usualmente muy simples con un rodillo o pedazo de paño del ancho deseado montado en un tubo hueco en el cuál puede introducirse el líquido. Las perforaciones en el tubo permiten que el producto químico se humedezca a través del paño, donde a medida que se arrastra sobre la planta, entra en contacto con el follaje dejando un depósito de plaguicida. Dispositivos como éste han llegado a ser muy populares para tratamiento entre hileras de cultivos con productos químicos que de otra manera podría dañar el cultivo si lo tocara la dispersión del rociado. La aplicación con paño no solamente permite aplicación selectiva sin dispersión sino que además, a través de la aplicación controlada, reduce la cantidad de producto químico necesario para eliminar el desperdicio.

Del mismo modo que existe gran variedad de equipos -los de mano o los que se cargan en la espalda- también existen diversas maquinarias de tierra para aplicaciones. La maquinaria puede variar desde aditamentos para rociado y pulverización para los tractores muy pequeños hasta los rociadores montados en tractores grandes hasta unidades grandes de rociado con neumáticos de mayor tamaño que lo normal para trabajar en terreno blando o pantanoso. Las unidades pueden constar de:

Rociadores convencionales. Constan de un tanque de rociado y una bomba con control de presión y agitación. Estos pueden ser equipados con variedad de válvulas o varas diferentes para aplicaciones altas, bajas, o ultra bajas (Green, et al., 1977; Matthews, 1979).

Nebulizadores. El nebulizador transportado por tractor no es como el nebulizador cargado en la espalda que tiene un ventilador grande para proporcionar una corriente de aire e impulsar las gotas pequeñas hacia el área de tratamiento. El nebulizador requiere una bomba para bombear el líquido en un chorro de aire que luego se dirige hacia el objetivo.

Pulverizadores. Los pulverizadores mecánicos constan de una tolva especialmente diseñada, usualmente con una barrena, para mover el polvo hacia la válvula de rociado. Nuevamente, se emplea una corriente de aire para impulsar la partícula de polvo hacia el área de tratamiento. Como se indicara anteriormente, algunos de los pulverizadores modernos tendrán dispositivos electrostáticos para cargar la partícula de polvo, asegurando así una mejor deposición.

Aplicadores granulares. El equipo para aplicación de gránulos tiene una semejanza con los pulverizadores puesto que tienen una tolva en donde se carga el material granular y entonces se barrena para distribuirlo a través de aberturas predeterminadas. Las aberturas pueden conducir directamente a un surco abierto en algunos casos, en otros las aberturas proporcionan una aplicación de franjas sobre una fila, o pueden ser para distribución general donde se desea cobertura amplia.

APLICACION AEREA

El equipo para aplicación aérea constituye un campo especializado por sí solo (Akesson, *et al.*, 1974; Akeson, *et al.*, 1972; Matthews, 1979). Se emplean dos tipos principales de aeronave, la de ala fija y el helicóptero. En años recientes, los fabricantes han construido aeronaves de ala fija especialmente para aplicaciones agrícolas. Ya sea en la aeronave de ala fija o el helicóptero habrá un tanque o depósito en que se coloca el producto químico. Entonces se distribuye debajo de la aeronave a través de algún tipo de vara o distribuidor para la aplicación. En aplicaciones de rociados, las configuraciones de las válvulas y la orientación respecto del chorro de aire son importantes para determinar la cobertura y el potencial de dispersión. La aeronave, ya sea de ala fija o helicóptero, puede ser empleada para aplicar rociados, polvos, gránulos, incluso fertilizante, y puede efectuarlo a una velocidad muy rápida.

VALVULAS DE ROCIADO

Los operadores deben prestar especial atención a las válvulas de los equipos de rociado. La válvula y los filtros adosados son componentes especialmente importantes porque son factores de control en la configuración de los modelos de rociado y la tasa de producción de rociado a una presión dada. Existen diversos tipos de válvulas, y puede montarse de varios modos en varas de rociado para lograr los resultados deseados. Las válvulas y filtros deben limpiarse frecuentemente para asegurar que sean operables. Los tipos siguientes de válvulas se usan comúnmente tanto en salud pública como en programas de control para agricultura.

La válvula tipo cono sólido es empleada por los trabajadores agrícolas para producir cobertura completa de plantas en una aplicación sobre la parte superior. Las válvulas de cono también son empleadas por trabajadores de salud pública para larvas de mosquito y tratamiento de vegetación por zonas.

La válvula tipo cono hueco frecuentemente se emplea para larvas de mosquito y tratamiento de vegetación en caso de garrapatas y gorgojos. Las válvulas cono con aberturas grandes se emplean para rociada superficial de suspensiones y otros materiales. Además, las válvulas de cono se utilizan para control general de plagas en jardines.

Las válvulas tipo abanico plano se emplean en situaciones agrícolas para rociada de gran dispersión en forma superpuesta. Se emplean en programas de salud pública para aplicación de insecticidas residuales. Las derivaciones de válvulas tipo abanico plano también se emplean para aplicación de franjas angostas. Además, otro tipo común de esta válvula es una válvula para rociada de gran dispersión con un rociador de campo de baja presión.

Las válvulas de chorro parejo producen un rociado de chorro angosto. Este tipo de válvula es útil para aplicaciones de franjas angostas de productos químicos o inyección de plaguicidas en el suelo. Los trabajadores de salud pública emplean este tipo de válvula para tratamiento doméstico de grietas y fisuras para control de cucarachas, hormigas, chinches, pulgas, etc.

CONTROL Y CALIBRACION DE EQUIPO

Todo equipo a emplearse en aplicación de plaguicidas debe controlarse cuidadosamente y calibrarse antes de usar. Esto asegura no solamente que se aplicará la cantidad adecuada de producto químico sino también la seguridad del equipo al reparar fugas o lugares donde el producto químico puede salpicar. Los fabricantes de equipo usualmente proporcionan información detallada sobre el mantenimiento de todos los equipos, y estas instrucciones deben seguirse cuidadosamente en cuanto a lubricación, operación y mantenimiento del equipo. Debe prestarse atención a mangueras y filtros para verificar que estén funcionando adecuadamente y no tengan fugas. Una limpieza minuciosa del equipo antes del uso, verificando que los filtros estén limpios y funcionen, puede ayudar a evitar tener que limpiar una válvula tapada cuando se está aplicando un producto químico particularmente tóxico.

El equipo debe calibrarse antes de su uso para tener seguridad de aplicar la cantidad correcta de producto químico. En el caso del equipo de rociado, la calibración puede ser tan simple como medir el volumen de líquido de rociado, perfectamente agua o cualquier portador empleado para rociar durante un lapso determinado. Entonces, al conocer el volumen producido por la válvula o la vara y el ancho del recorrido del rociado, es posible calcular la velocidad de recorrido requerida para aplicar la cantidad correcta de producto químico al volumen y presión deseados. Con equipos manuales es a veces deseable usar el portador - agua o cualquier otro- y rociar un área específica con un volumen determinado. Si el portador se acaba antes de cubrir el área, entonces se sabe que el recorrido es demasiado lento, o si queda portador después de la cobertura, la velocidad de recorrido es demasiado alta. Algunos intentos de este tipo permiten al operador estimar la velocidad adecuada.

MEZCLA Y LLENADO

Es durante la mezcla y operación de llenado que se produce frecuentemente exposición al concentrado. Sin ropa protectora y precauciones adecuadas, la exposición puede producirse por salpicaduras y derrames durante esta operación. Además, a menos que la mezcla y llenado se hagan lejos de fuentes de agua o vivienda humana, los derrames pueden ocasionar exposición de transeúntes con posterioridad.

Como se indicara en un capítulo anterior, los productos químicos deben almacenarse bien lejos de viviendas humanas, corrales de animales y fuentes de agua. Asimismo, las operaciones de mezcla y llenado deben llevarse a cabo lejos de estos lugares. La mezcla y llenado deben efectuarse al aire libre. El operador debe ubicarse de modo tal que si hay brisa sople el polvo o líquido lejos de él. Pero, incluso antes de empezar la mezcla y operación de llenado, el operador debe leer cuidadosamente la etiqueta y observar las precauciones señaladas en la misma.

Cuando el producto químico debe pesarse o medirse, es decir, el paquete no es exactamente del tamaño requerido para el equipo empleado, debe haber balanzas especiales y dispositivos de medición para este fin. Las transferencias deben hacerse cuidadosamente en cuanto a evitar derrames o salpicaduras que contaminaría el envase y el área. Existen jarros o envases de plástico de tamaño apropiado para tal medición y son de fácil limpieza para su próximo uso. La transferencia al equipo o tanque de mezcla entonces debe efectuarse con el viento lejos del operador. Debe prestarse atención para evitar salpicaduras y derrames.

El operador siempre debe emplear ropa protectora apropiada, que incluye máscara durante las operaciones de mezcla y carga. La ropa protectora incluye también un par de guantes, preferentemente guantes de goma en caso de derrame de concentrados.

Solo después que la operación de llenado esté completa y el equipo cerrado debe agitarse la mezcla para conseguir uniformidad.

APLICACION: PRACTICAS DE SEGURIDAD

El plaguicida, cuando está mezclado y listo para su uso, está a una concentración mucho más diluida; no obstante, es indeseable la exposición a la dispersión del rociado o polvo. El operador puede recibir una exposición baja en cualquier momento, pero si está efectuando la aplicación durante un período de horas o días el efecto puede ser acumulativo. Por esa razón, deben observarse precauciones apropiadas.

Una de las primeras precauciones que los aplicadores deben observar es no rociar durante períodos de mucho viento. Pero, más allá de esto, es importante para que el aplicador use ropa protectora apropiada para minimizar exposiciones inadvertidas. El tipo de ropa protectora variará con el producto químico que se aplique y naturalmente con el clima. Como mínimo, la ropa protectora debe cubrir todo el cuerpo, como los mamelucos, un cubrecabeza y alguna especie de máscara para reducir la inhalación de partículas pequeñas. Si no se cuenta con otros elementos, un paño atado en la cara será útil pero no enteramente adecuado para todos los materiales.

Durante la aplicación, el operador debe tratar, en la medida de lo posible, de permanecer alejado de cualquier dispersión del producto químico. Esto significa que incluso con una brisa leve, la aplicación de rociados debe hacerse para que el viento no sople hacia el operador sino en la dirección contraria. En forma similar, al hacer la aplicación con los equipos transportados por personas como el rociador tipo mochila, el operador no debe caminar por el área rociada. Es preferible sostener la válvula a un lado y caminar en el área no

rociada. El depósito de rociado en las plantas puede mojar la ropa y penetrar la piel ocasionando exposición dérmica. Al sostener el rociador a un lado y caminar por el área no rociada, el aplicador evita tal exposición.

Finalmente, deben decirse unas palabras sobre el problema de las válvulas tapadas durante la operación de rociado. Si por cualquier motivo penetran partículas en el rociador se pueden atascar las mallas y las válvulas, siendo necesario destaparlas. Ello debe efectuarse muy cuidadosamente para evitar exposición, y el operador debe usar guantes de goma para manejar la válvula. Si está obstruido el orificio mismo de la válvula, debe destaparse con un alambre fino: el operador no debe soplar el alambre con los labios para destaparlo. Cualquier elemento del tamaño apropiado, como un alambre o aún una astilla de madera, puede emplearse eficazmente para destapar válvulas.

ATENCIÓN DEL EQUIPO

Al cerrar este capítulo es apropiado reiterar la importancia de la atención y mantenimiento del equipo para una aplicación segura y eficaz de plaguicidas. Tal atención y mantenimiento incluye limpieza adecuada, lubricación y examen de las partes de trabajo antes de intentar usar el equipo (Matthews, 1979; Manual of Safe Practice, 1980). Ellos también comprende control para asegurar que todas las mallas y válvulas estén limpias y funcionen bien, que el regulador de presión esté produciendo la presión deseada para el aplicador, control de la producción de volumen y verificación de que no haya conexiones con fugas. Cuando se completa la tarea de rociado, el equipo se debe vaciar, limpiar completamente y dejar secar para evitar óxido y corrosión de partes metálicas. Los fabricantes en general tienen instrucciones sobre el mantenimiento del equipo junto con la lista de piezas: siga las instrucciones y asegurará correcto funcionamiento y vida más larga al equipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AKESSON, N.B.; YATES, W.E.; COWDEN, R.E. 1974. *Agrichemical Age*. 9 p.
- _____; YATES, W.E.; WILCE, S.E. 1972. *Agrichemical Age*. 9 p.
- COLLINS, R.L. 1974. Control Release Pesticide Symposium, University of Akron, Akron, OH.
- COPPEDGE, J.R., *et al.* 1975. Effect of soil moisture and soil temperature on the release of aldicarb from granular formulations. *Journal of Economic Entomology*, 68:209.
- DEJONCKHEERE, W.; STEURBAUT, W.; KIPS, R.H. 1976. Influence of artificial rainfall and washing on the benomyl and thiophanatemethyl residue content in lettuce. *Pesticide Science*, 8:161.
- GREEN, M.B.; HARTLEY, G.S.; WEST, T.F. 1977. *Chemicals for crop protection and pest control*. Oxford Pergamon Press, U.K.
- A Manual of Safe Practice in Handling and Use of Pesticides. 1980. Prepared by Pesticide Section, Department of Primary Industry, Canberra, Australia.
- MATTHEWS, G.A.; 1979. *Pesticide application methods*. London, Longman.
- National Academy of Sciences. 1975. *Pest Control: An Assessment of present and alternative technologies*. Contemporary Pest Control Practices and Prospects: The Report of the Executive Committee. Volume 1.
- QUE HEE, S.S.; SUTHERLAND, R.G. 1974. Volatilization of various esters and salts of 2,4-D. *Weed Sciene*, 22:313.