

9

CONTROL QUÍMICO

El Control Químico de las plagas es la represión de sus poblaciones o la prevención de su desarrollo mediante el uso de sustancias químicas.

Los compuestos químicos que se utilizan en la protección de los cultivos reciben el nombre genérico de *Pesticidas* o *plaguicidas*. Estos compuestos, según su efectividad particular contra insectos, ácaros, ratas, caracoles, o nematodos, reciben los nombres específicos de *insecticidas*, *acariciaos*, *raticidas* o *rodenticidas*, *caracolcidas* o *molusquicidas*, y *nematicidas* respectivamente. También se incluye a los *herbicidas* y *fungicidas* que se utilizan para combatir las malezas y las enfermedades fungosas respectivamente.

No incluye el uso de compuestos que atraen, repelen, inhiben la alimentación, o producen la esterilización de los insectos; temas que se tratan en el Capítulo sobre Control Etológico.

El éxito del control químico, o por lo menos de una aplicación de insecticidas, en el combate de las plagas está supeditado al buen criterio que se tenga para decidir:

- qué producto usar
- en qué forma aplicarlo y
- en qué momento u oportunidad ejecutar el tratamiento

Estas decisiones exigen conocimientos sobre las características de los productos insecticidas, los equipos de aplicación, las plagas y la planta cultivada.

También hay que tomar en cuenta las prácticas culturales, las condiciones climáticas, las condiciones económicas del cultivo y del agricultor, y las características culturales y sociales del medio.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS INSECTICIDAS AGRÍCOLAS

La era de los insecticidas modernos en la agricultura se inició inmediatamente después de terminada la Segunda Guerra Mundial. El descubrimiento de la acción insecticida del DDT (1939) y del BHC (1941) permitió su uso para combatir insectos vectores de enfermedades que afectaban a las tropas aliadas. Rápidamente su uso se extendió al combate de plagas agrícolas y del ganado. Y años más tarde su uso se había generalizado en casi todos los países del mundo. Al grupo de los insecticidas clorados pronto se unió el grupo de los fosforados; posteriormente los carbamatos y más recientemente los piretroides estables. Con anterioridad a esta época sólo se conocieron unos pocos compuestos minerales y vegetales para defender los cultivos.

A comienzos del siglo pasado se aplicó por primera vez un producto químico sobre extensiones relativamente grandes. Se trató del "verde de París", un insecticida

inorgánico, empleado contra el escarabajo de Colorado de la papa en los Estados Unidos. Posteriormente se incorporaron otros insecticidas inorgánicos como el arseniato de calcio para combatir a insectos masticadores; y algunas sustancias derivadas de las plantas, como la nicotina y la rotenona, para combatir a insectos picadores chupadores. Esta situación perduró sin mayores cambios hasta la iniciación de la Segunda Guerra Mundial.

En la actualidad se cuenta con una gran cantidad de compuestos insecticidas y otros pesticidas con características toxicológicas, físicas y químicas muy diversas. Miles de nuevos productos son investigados anualmente en búsqueda de propiedades pesticidas y algunos de ellos llegan a incorporarse al mercado después de muchos años de experimentación. Entre los países productores de insecticidas más importantes están los Estados Unidos, Alemania, Japón, Rusia, Suiza, Italia y Holanda.

Los insecticidas constituyen recursos de primera importancia contra las plagas, tanto por que sus efectos son más rápidos que cualquier otra forma de represión como por ser fácilmente manejables. Se considera que su utilización, conjuntamente con la de otros pesticidas, ha jugado un rol importante en el incremento de la productividad agrícola de las últimas décadas, sobre todo en los países más tecnificados.

Las primeras aplicaciones de insecticidas modernos fueron tan especuladores que muchas esperanzas se cifraron en la posibilidad de erradicar las principales plagas. Desafortunadamente después de algo más de cuatro décadas de aquellos resultados extraordinarios se puede comprobar que los problemas de plagas no han desaparecido y, por el contrario, en muchos casos se han agravado. La utilización de los pesticidas trajo consigo fenómenos nuevos, no previstos, como el desarrollo de resistencia a los insecticidas y la aparición de nuevas plagas por la destrucción de sus enemigos naturales.

En la actualidad la pérdida de eficacia, aparición de nuevas plagas, contaminación del medioambiente, destrucción de la fauna silvestre, y los peligros de intoxicación, son fenómenos comunes ligados al uso de insecticidas. A pesar de todo ello, la agricultura moderna difícilmente podría mantener rendimientos altos sin el uso razonable de estos productos. Muchos de los problemas citados se han derivado del mal empleo y uso excesivo de insecticidas y pesticidas en general. Aún hoy mucha gente, incluyendo agricultores y profesionales no bien enterados, cree que el combate de las plagas por medio de insecticidas es algo simple y basta con seguir las instrucciones de los envases de pesticidas o, lo que es peor, creer que "si poco es bueno, mucho es mejor". De esta manera aumentan dosis innecesariamente o mezclan productos sin ninguna racionalidad, para estar seguros de no fallar con el tratamiento.

LOS INSECTICIDAS Y EL ECOSISTEMA AGRÍCOLA

Desde el punto de vista ecológico, el insecticida es una sustancia tóxica que el hombre introduce al ecosistema agrícola afectando a todos sus organismos en particular, a los animales. La intensidad del efecto varía según las características del

insecticida, el grado de susceptibilidad de las especies fitófagas y benéficas presentes, la formulación y dosis del producto, la forma en que es aplicado, la clase de cultivo, y las condiciones climáticas prevalecientes durante las aplicaciones. Es normal que los efectos se extiendan más allá de los límites del campo aplicado, pues los insecticidas son fácilmente llevados por el viento y el agua (Figura 9:1).

Efecto sobre los insectos benéficos

Los controladores biológicos normalmente son más susceptibles que las especies fitófagas, por lo que sus poblaciones son afectadas por las aplicaciones de insecticidas más drásticamente. La destrucción de los controladores biológicos produce dos fenómenos: la rápida resurgencia de la plaga-problema, (que dio motivo a la aplicación), y la aparición de nuevas plagas.

La *resurgencia* se debe a la eliminación de los enemigos biológicos de la plaga-problema, que aunque no estaban en proporción satisfactoria para mantener la población de la plaga a niveles bajos, de alguna manera ejercían cierto grado de control. Una vez desaparecido el efecto del insecticida, la plaga, libre de sus enemigos biológicos, se incrementa rápidamente hasta alcanzar niveles mayores que los anteriores.

La *aparición de nuevas plagas* es consecuencia de la eliminación de los enemigos biológicos de las otras especies fitófagas, a las que mantenían en niveles bajos. Sin este control natural, las poblaciones de insectos, que antes no tenían importancia económica, se incrementan y alcanzan niveles de plagas.

Desarrollo de resistencia a los insecticidas

Las primeras aplicaciones de insecticidas provocan fuertes mortalidades en las plagas y solo unos pocos individuos, que reúnen características especiales, suelen sobrevivir a los tratamientos. Estos individuos especiales van siendo seleccionados con las continuas aplicaciones y terminan formando una población distinta, capaz de sobrevivir a los tratamientos. Así se desarrollan las poblaciones resistentes a los insecticidas. El incremento de las dosis hace que la selección sea más severa y se desarrollen niveles de resistencia más altos. Este tema se trata con más detalle posteriormente.

Residuos y contaminación ambiental

Las aplicaciones de insecticidas contribuyen a la contaminación química del medio ambiente con el agravante de tratarse de productos de gran actividad biológica. Las mayores dosis y los menores intervalos entre aplicaciones, y entre la última aplicación y la cosecha pueden provocar residuos tóxicos en los productos cosechados; incrementan los riesgos de intoxicaciones directas y elevan los costos del control fitosanitario. Estos temas también se desarrollan posteriormente.

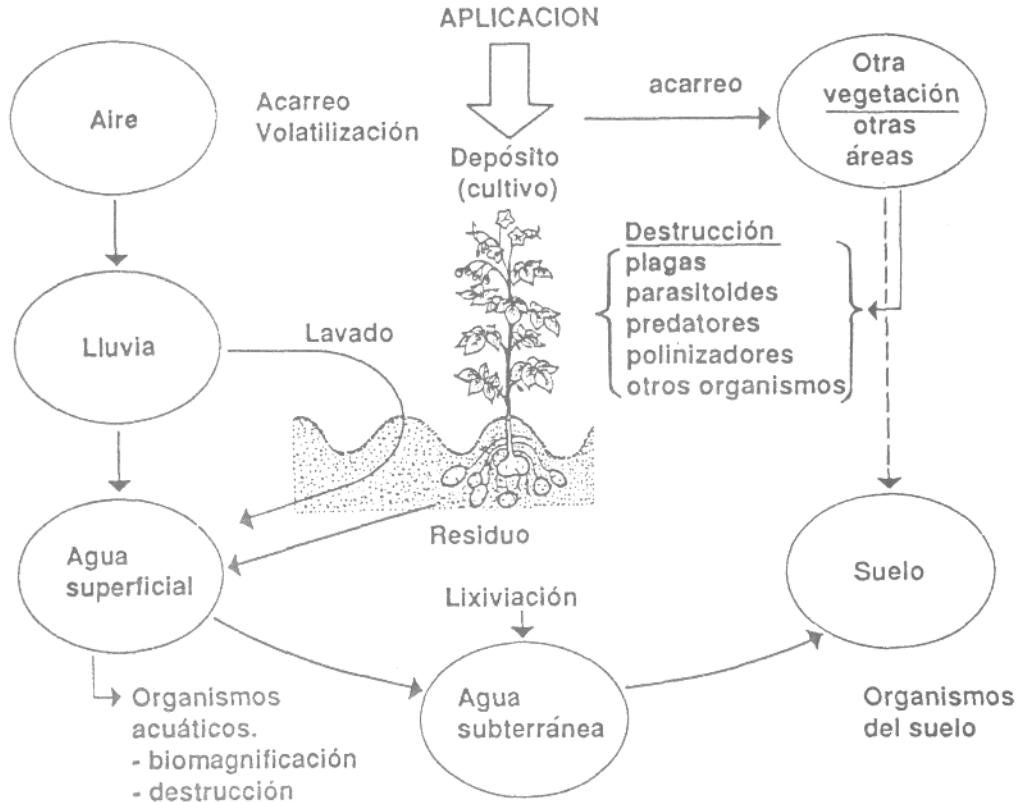


Fig. 9:1 Distribución de los pesticidas en el medioambiente después de ser aplicados al cultivo

Un caso que debe recordarse:

Los efectos del control químico intensivo en la costa central del Perú

Están un poco lejanos en el tiempo, pero siguen siendo experiencias aleccionadoras los fenómenos ocurridos en los valles de Cañete, Chincha y Pisco en la costa central del Perú considerados entre los primeros dramas generados por el abuso de insecticidas. En estos valles, hasta mediados de la década de 1940, se utilizaba insecticidas arsenicales para combatir las principales plagas masticadoras del follaje y perforadoras de bellotas y botones del algodón; y sulfato de nicotina contra insectos picadores-chupadores. El control biológico era bastante eficiente. Al finalizar la segunda guerra mundial se inició el uso de insecticidas orgánicos sintéticos como el DDT, BHC y Toxafeno, mucho más potentes que los antes mencionados. Durante los primeros años los rendimientos se incrementaron, pero poco tiempo después comenzaron a aparecer nuevas plagas y las plagas antiguas se hicieron más severas. En un esfuerzo por contrarrestar los nuevos problemas, se aumentaron las

dosis y las frecuencias de aplicación de los insecticidas clorados, a cuya lista no tardaron en sumarse los nuevos insecticidas fosforados. En los años 1955 y 1956 se llegaron a efectuar de 20 a 30 aplicaciones por campaña sin mayores éxitos. Por entonces se registraron los más bajos rendimientos del algodón en la historia de estos valles. La resistencia de diversas plagas a los insecticidas se había generalizado y aparecieron nuevas plagas que eran insensibles a los tratamientos. Muchos agricultores y empresas agrícolas quedaron al borde del colapso económico.

Estas y otras experiencias muestran que los insecticidas deben ser usados con mucho cuidado. El buen uso de estos productos requiere de una serie de consideraciones tratando de aprovechar su efecto represivo contra las plagas y al mismo tiempo reduciendo los efectos colaterales indeseables. La agricultura moderna intensiva requiere, casi ineludiblemente, el uso razonable de los insecticidas. En este sentido resulta lamentable reconocer que muchas veces las recomendaciones de pesticidas las hacen personas no muy bien enteradas o que imponen criterios comerciales sobre los criterios técnicos.

CARACTERÍSTICAS TOXICOLÓGICAS DE LOS INSECTICIDAS

Cada producto insecticida presenta características toxicológicas, químicas y físicas propias; que determinan su eficiencia contra las plagas pero al mismo tiempo su efecto sobre los insectos benéficos, la planta, los animales silvestres y el mismo hombre. Las características químicas y físicas determinan su estabilidad, persistencia en el medio ambiente, compatibilidad, posibles formulaciones comerciales, etc. Algunos de estos aspectos son tratados en los siguientes acápite.

Toxicidad contra los insectos

Para que un insecticida cause la muerte de un insecto debe afectar un sistema vital de su organismo. Así por ejemplo, las piretrinas, la nicotina, los insecticidas orgánicos sintéticos fosforados, carbamatos y piretroides afectan el sistema nervioso; los tiocianatos afectan el aparato respiratorio; los arsenicales destruyen la pared intestinal; y los insecticidas clorados orgánicos afectan procesos nerviosos axónicos. Otros insecticidas modernos afectan los procesos de muda o de quitinización del integumento.

Expresión de la toxicidad: La Dosis Letal Media

El grado de toxicidad de un insecticida contra una población de insectos se expresa como *Dosis Letal Media* o DL50; esto es la cantidad de insecticida requerida para causar la muerte del 50 por ciento de un grupo representativo de insectos. La dosis letal media puede expresarse en cantidad de insecticida por individuo, digamos 15 microgramos por larva o por insecto adulto; o, en forma más precisa, en cantidad de insecticida por unidad de peso del insecto. Así por ejemplo, se dice que la DL50 del parathión para la cucaracha americana es de 1.2 microgramos por gramo de peso vivo del insecto adulto.

Para calcular la dosis letal media de un producto debe determinarse primero la *curva de toxicidad* o *curva de regresión dosis-mortalidad* (Figura 9:2), es decir, aquella línea que relaciona las dosis que se ensayan con las mortalidades que se obtienen. Para lograr una línea de regresión recta, las dosificaciones se expresan en logaritmos y los porcentajes de mortalidad en unidades *probit*. Con la línea de regresión dosis-mortalidad no solamente se puede determinar la dosis que causa la mortalidad del 50 por ciento de la población (DL50), sino también las que corresponden a otros porcentajes de mortalidad. Las líneas de regresión dosis-mortalidad facilitan las comparaciones entre los grados de toxicidad de diversos productos insecticidas y permiten detectar los cambios que pueden producirse en el grado de susceptibilidad de los insectos con el tiempo o con el lugar.

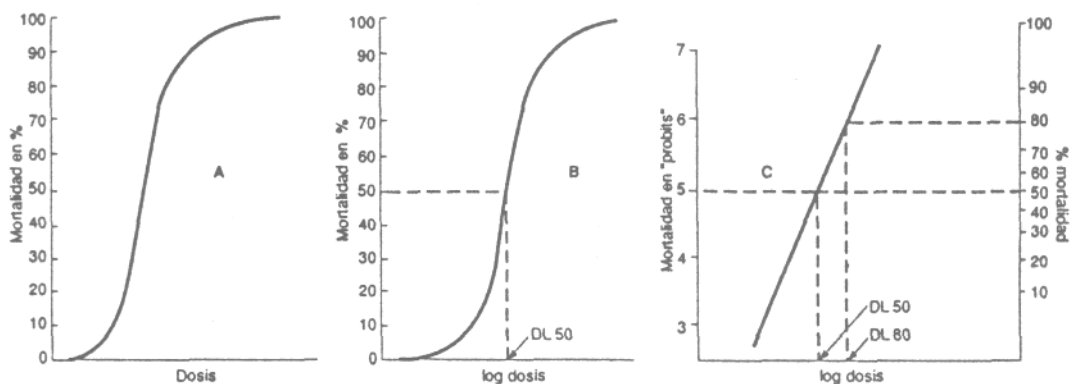


Fig 9:2 Expresiones gráficas de la relación dosis/mortalidad de un insecticida sobre una población de insectos. A) curva sigmoidea asimétrica obtenida originalmente B) curva sigmoidea simétrica al expresar la dosis en escala logarítmica C) la curva dosis/mortalidad convertida en una línea recta al expresar la mortalidad en unidades probits y la dosis en escala logarítmica.

Amplitud de espectro o radio de acción de un insecticida

Se ha indicado previamente que los insecticidas afectan un sistema vital del insecto. A pesar de esta acción general, no todas las especies de insectos resultan igualmente susceptibles a la aplicación de un producto. Estas diferencias se deben a que, por causa de algún mecanismo, el producto no llega a acumularse en el cuerpo del insecto en cantidades suficientes para ser letal. El mecanismo puede consistir en diferencias en la velocidad de absorción del insecticida, a reacciones enzimáticas que descomponen el producto, o que el producto es eliminado fácilmente. Diferencias de susceptibilidad se presentan también entre individuos de una misma población y, sobre todo, entre los diferentes estados de desarrollo de una especie de insecto. Especies muy próximas pueden tener grados de susceptibilidad diferentes. Así en general, *Heliothis virescens* es menos susceptible a los insecticidas que *H. zea*.

Ciertos insecticidas son efectivos contra un gran número de especies, plagas mientras que otros productos sólo son efectivos contra un grupo relativamente

pequeño, generalmente de especies relacionadas entre sí. Los primeros se denominan insecticidas de *amplio espectro* o politóxicos y los segundos, insecticidas *específicos*, selectivos, u oligotóxicos. Ejemplos de insecticidas de amplio espectro son DDT, BHC, parathión, carbofuran, cipermetrina y muchos otros. Entre los insecticidas específicos esta pirimicarb, especialmente efectivo contra los áfidos; Mirex, particularmente eficiente contra las hormigas y buprofezin con efectos larvicidas persistentes contra queresas, cochinillas harinosas y moscas blancas.

Hay muchos casos de compuestos cuyos espectros puede considerarse intermedios; así como hay numerosas excepciones para las generalizaciones de los insecticidas de amplio espectro y específicos.

El DDT, por ejemplo, insecticida de amplio espectro, en general es inefectivo contra la mayoría de los áfidos sin embargo controla el áfido de la arveja *Macrosiphon pisi*; tampoco es efectivo contra langostas, grillos, queresas, cochinillas y algunos coleópteros. El parathión, también de amplio espectro, controla muchas especies de queresas incluyendo *Coccus pseudomagnoliarum*, pero es ineficiente contra *Coccus hesperidum*, la queresa blanda marrón.

Se puede deducir por lo expuesto que las generalidades sobre el efecto de los productos insecticidas constituyen una orientación útil pero, en última instancia, la efectividad de un producto dado contra una plaga determinada sólo puede quedar establecida con certeza mediante la experimentación. Endrín, carbaryl y aminocarb, por ejemplo, son efectivos contra numerosas larvas de Lepidópteros y los tres productos controlan eficientemente larvas de *Anticarsia gemmatalis* de la familia Noctuidae. Sin embargo, el efecto de carbaryl es muy limitado contra *Prodenia endemia* que pertenece a la misma familia (Noctuidae), mientras que los otros dos productos son efectivos. Aldicarb es muy efectivo contra insectos picadores-chupadores del algodnero; pero en general no controla larvas de lepidópteros; sin embargo, ha resultado efectivo contra larvas de *Bucculatrix*, pequeño lepidóptero perforador de la hoja del algodnero.

Estabilidad y Efecto Residual

Los pesticidas presentan grandes variaciones en cuanto a su estabilidad química y física; lo que afecta el tiempo y las condiciones de su almacenamiento así como su efecto residual en la planta.

Expuestos al medio ambiente, los insecticidas con alta tensión de vapor resultan volátiles y se disipan más rápidamente que aquéllos con baja tensión de vapor. Por otro lado, los factores físicos, químicos y biológicos del medio ambiente también influyen marcadamente en la estabilidad y persistencias de los productos. Entre estos factores se encuentran la temperatura, luz, radiación ultravioleta, los agentes oxidantes, hidrolizantes y reductores y el pH del medio; así como los fermentos y los microbios desintegradores.

Los insecticidas de origen vegetal como la nicotina, rotenona, piretrinas y algunos insecticidas fosforados como el TEPP y DDVP, se descomponen o disipan rápidamente. Por el contrario los insecticidas arsenicales y la mayoría de los

insecticidas clorados como DDT, endrín y dieldrín persisten por largo tiempo. Los insecticidas fosforados y carbamatos incluyen tanto productos de rápida descomposición como productos de mediana y larga persistencia. Entre los insecticidas sistémicos algunos productos se descomponen rápidamente como el mevinfos, mientras que otros perduran por unas pocas semanas como el demeton o el forato, o por períodos más prolongados como el aldicarb.

En la utilización de un insecticida es importante considerar que el efecto residual prolongado confiere un mayor período de protección a las plantas pero al mismo tiempo afecta más gravemente la fauna benéfica y dificulta su recuperación, incrementa el peligro de los residuos tóxicos sobre las plantas y requiere de un mayor intervalo entre la última aplicación y la cosecha. Lo contrario puede indicarse para los productos de escaso poder residual.

Efecto de los insecticidas sobre las plantas

Los insecticidas agrícolas normalmente no son fitotóxicos porque en el proceso de su selección se eliminan las sustancias con esos efectos. Sin embargo, no todos los compuestos que llegan al mercado son necesariamente inocuos para las plantas. Ciertos compuestos pueden resultar tóxicos para algunas especies de plantas o variedades, o pueden afectar la fisiología normal de la planta (floración, retención de frutos), en grados que varían con las dosis, el estado de desarrollo de la planta, las condiciones ambientales en el momento de la aplicación y la frecuencia de las aplicaciones del producto. No faltan productos que resultan fitotóxicos cuando se mezclan con otros, al ser aplicados o cuando todavía quedan residuos de otras sustancias sobre la planta. Este efecto es uno de los factores que determinan la incompatibilidad de los productos.

Grados de susceptibilidad de las plantas

Las cucurbitáceas (melones, zapallos, pepinillos, sandías) son plantas generalmente muy susceptibles a los insecticidas, sobre todo a los clorados emulsionables y algunos compuestos fosforados; le siguen en susceptibilidad general algunas leguminosas. Por otro lado, la papa y el algodón son plantas bastante tolerantes. Entre los frutales, los cítricos, perales y cerezos suelen ser menos susceptibles que los durazneros y manzanos, aunque la influencia varietal es muy grande entre los frutales. El parathión produce necrosis y defoliación en ciertas variedades de manzanos. Las plantas de papaya son muy sensibles a muchos insecticidas y acaricidas. En plantas ornamentales la susceptibilidad tiende a ser grande y variable. El malathión es poco tóxico para muchas plantas de invernadero pero defolia las pomsetias o cardenales.

El Dinitro-Orto-Cresol (o DNOC) y el Dinitrofenol son altamente fitotóxicos y sólo pueden aplicarse a frutales caducifolios en invierno, cuando la planta entra en dormancia y presenta gran tolerancia a esta clase de productos.

Efectos en el follaje

El fuerte efecto fitotóxico de un producto puede referirse como "quemaduras" del follaje. Otros síntomas son malformaciones de hojas, encrespamientos, amarillamiento y defoliación. Las sustancias coadyuvantes utilizadas en las formulaciones comerciales pueden contribuir grandemente a estos efectos. En general los concentrados emulsionables son más fitotóxicos que los polvos mojables pero hay algunas excepciones: el caso de bomyl, carbofenotión, triclorfón y Dimetilan. La inclusión de solventes baratos como querosene en los concentrados emulsionables y la presencia de impurezas en los productos técnicos puede producir fitotoxicidad. Las quemaduras son más frecuentes en tiempo cálido y húmedo que en tiempo frío y seco. Las hojas viejas suelen resistir más que las hojas jóvenes.

Efectos sobre las semillas

Los insecticidas pueden afectar las semillas al ser aplicados como fumigantes, coberturas de semillas, o tratamientos al suelo. El daño de los fumigantes puede estar relacionado con el alto contenido de humedad de la semilla (mayor de 10%), y como resultado se reduce el porcentaje de germinación o se retarda la germinación. En la cobertura de semillas la fitotoxicidad puede aumentar con la edad de la semilla y el tipo de coadyuvante.

Las impregnaciones de semillas con concentrados emulsionables suelen resultar más fitotóxicos que las impregnaciones con polvos concentrados mojables o para espolvorear. La utilización de las formulaciones granuladas en el suelo disminuyen los riesgos de fitotoxicidad. Todas las semillas no son igualmente susceptibles; las leguminosas suelen ser más susceptibles que los cereales y entre los cereales, el maíz y el trigo son más susceptibles que la cebada.

Efectos diversos

Hay efectos fisiológicos en la planta un tanto sutiles que resultan difíciles de detectar a primera vista. Estos efectos pueden resultar benéficos o dañinos para las plantas. Las asperciones de cúpricos (fungicidas) son dañinos a los durazneros; las asperciones del oxiclورو de cobre retarda la maduración de los frutos de café pero aumenta su resistencia a la sequía. El caldo bórdales afecta el desarrollo y rendimiento de los tomates. La acumulación de arseniato de plomo en el suelo reduce el crecimiento y rendimiento de diversas plantas. Las emulsiones de aceite de petróleo retardan el desarrollo de los nuevos brotes de los frutales caducifolios. Por el contrario, la aplicación de emulsiones de aceite de linaza en invierno estimula un brotamiento temprano y uniforme del manzano.

La aplicación de compuestos clorados, particularmente DDT, puede causar retardo o retraso del crecimiento de algunas plantas; aunque se ha registrado también que el dieldrín y aldrín estimulan el crecimiento de otras.

Los informes sobre la influencia de los pesticidas en la iniciación de la floración, cuajado y crecimiento de los frutos es muy diversa. Entre los pocos casos bien

definidos se encuentra la acción del carbaryl que cuando se aplica a los manzanos al tiempo de la caída de los pétalos produce apreciable desprendimiento de frutitos; por esta razón este producto puede utilizarse como raleador de frutos.

Los aceites emulsionables de petróleo alteran importantes procesos fisiológicos de los cítricos. Se considera que retardan la respiración, reducen la asimilación del anhídrido carbónico, retardan el desarrollo de las yemas y hojas, deprimen la transpiración y favorecen la caída de las hojas. Además, afectan la composición de los frutos (disminuye la acidez total y los sólidos totales), retardan su maduración, e incrementan la incidencia de la "mancha de agua".

Ocasionalmente se ha registrado el efecto benéfico de los pesticidas en la fisiología de las plantas; así ciertas dosis de azinfos-metílico aumentan la floración de algunas plantas y el HETP estimula el crecimiento de las rosas. Productos como aldicarb y carbofuran aplicados al suelo parecen tener cierto efecto estimulante en el desarrollo de las plantas.

Efectos de los insecticidas sobre el hombre

Los insecticidas, además de ser tóxicos para las plagas, son también tóxicos para los animales de sangre caliente, incluyendo el hombre. El personal que trabaja en la fabricación o en la formulación de los productos pesticidas, los agricultores y operadores que manipulan y aplican los productos insecticidas, así como el consumidor de los productos vegetales tratados con estos tóxicos, todos están expuestos a intoxicaciones.

Tipos de toxicidad

Se distinguen dos formas de toxicidad: La toxicidad aguda y la toxicidad crónica. La *toxicidad aguda* es producida por dosis relativamente altas de insecticidas que causan efectos rápidos. La *toxicidad crónica* es consecuencia de una serie de dosis pequeñas, cuyos efectos son muy difíciles de medir ya que normalmente debe transcurrir un tiempo prolongado para manifestarse. Estos efectos son considerados en la actualidad con creciente interés. Un producto insecticida a las dosis de uso normal no debe afectar la reproducción de los mamíferos; no debe producir malformaciones en la descendencia (efectos teratogénicos), ni tener efectos cancerígenos u oncogénicos. Cualquiera de estos efectos inhabilita el uso del producto.

Los casos de intoxicaciones agudas generalmente son consecuencia de algún accidente en la manipulación del insecticida, por descuido o ignorancia. Las advertencias señaladas en las etiquetas de los envases deben ser acatadas estrictamente.

Se distinguen las siguientes modalidades de intoxicaciones:

- por contacto del insecticida con la piel; toxicidad cutánea o dermal.

- por ingestión, o toxicidad oral,
- por inhalación, o toxicidad pulmonar.

La *toxicidad oral* suele ser estrictamente accidental al confundir un insecticida con un alimento o por ingerir vegetales recién tratados. La *toxicidad dermal* resulta del contacto con el insecticida por equipo de aplicación defectuosa o inadecuada protección del operario, como falta de calzado, ropa o protector impermeable. La *toxicidad por inhalación* resulta de la exposición a los vapores tóxicos o a las neblinas de aplicación. Para evitar este efecto debe usarse máscaras con filtros apropiados; debe evitarse el manejo de concentrados en locales cerrados; y en el campo, al manipular o aplicar los insecticidas, el operador debe ubicarse contra el sentido del viento protegiéndose de los vapores y neblinas insecticidas. Terminada la aplicación de los insecticidas, los obreros deben bañarse o por lo menos lavarse las manos y otras partes expuestas del cuerpo, sobre todo antes de comer o fumar.

Expresión de la toxicidad aguda

La expresión de toxicidad de un insecticida para los animales de sangre caliente es también en forma de dosis letal media (DL 50), tal como se indicó para los insectos, pero se expresa en miligramos de insecticida por kilogramo de peso vivo del animal. En la mayoría de los casos, la referencia de la toxicidad para los mamíferos corresponde a las dosis letales medias determinadas para ratas con administración oral, salvo que se indique otra cosa. Así, la dosis letal media para el DDT es 250 mg/kg; la del paratión, 4 a 13 mg/kg; y del aldicarb 0.9 mg/kg. Cuanto menor es el valor de la dosis letal media, mayor es la toxicidad del producto.

Precauciones contra las intoxicaciones

Por disposiciones legales, en la etiqueta de los envases se indica en forma permanente y legible al grado de toxicidad, las precauciones que deben tomarse, el antídoto y su modo de administración en casos de intoxicaciones. Hay una tendencia a internacionalizar el grado del peligro mediante el color de las etiquetas, símbolos gráficos (pictogramas) y palabras. La FAO y la Organización Mundial de la Salud han publicado una serie de boletines sobre directrices para el registro y control de plaguicidas (1985), para su etiquetado (1985) y su utilización (1984). A pesar de ello es alarmante la falta de conciencia sobre los peligros de los insecticidas, no solamente entre los operarios sino también entre el personal técnico que dirige las operaciones agrícolas. Haciendo más crítica la situación, muchos médicos incluyendo los de zonas rurales, no están familiarizados con las propiedades tóxicas y farmacológicas de los insecticidas modernos, con su sintomatología o con los antídotos, para atender casos urgentes. Klimer (1967) presenta un interesante manual sobre la toxicología, síntomas y terapia de las intoxicaciones.

La exposición del operador durante la aplicación de insecticidas depende de la forma de aplicación y del equipo que se usa. En la aplicación manual por ser una labor agotadora, resulta extremadamente incómodo para el operador usar vestidos protectores especiales, máscaras, guantes de goma, como normalmente se

aconseja; pero por lo menos el obrero debe tener las facilidades de bañarse y cambiarse de ropa después de la aplicación y nunca estar descalzo durante las aplicaciones, la ropa ligera tratada con un producto repelente al agua (tipo Scotch gard) confiere cierta protección. En aspersiones de frutales el uso de sombrero, gafas y máscara es imprescindible, sobre todo si se usan nebulizadoras. Los "bañeros", que indican la dirección de aplicación a los pilotos de aviones asperjadores, deben estar protegidos con capas impermeables y máscaras apropiadas. Las máscaras de los aplicadores deben tener cartuchos para ácidos orgánicos, con carbón activado que deben ser cambiados de acuerdo a las instrucciones del fabricante; y, en todo caso, cuando se hace difícil la respiración o se siente el olor al insecticida.

Cuadro 9:1 Niveles de toxicidad aguda de algunos insecticidas expresados en dosis letal media oral para ratas e intervalos mínimos en días entre la última aplicación y la cosecha

Insecticida	DL ₅₀ mg/kg	Intervalo mínimo entre última aplicación y cosecha (días)
Menvinfos (Phosdrin)	3-7	3
Parathión	3-14	10
Oxamyl (fydate)	5	21
Azinfos metílico (Gusathión)	7-16	21
Endrín	7-17	45
Dicrotofós (Bidrín, Carbicrón)	15-45	21
Diclorvos (DDVP)	25-30	5
Metamidofos (Tamarón)	30	21
Ometoato (Folimat)	50	21
Nicotina	50-60	1
Aminocarb (Matacil)	30-50	7
Demeton metílico (Metasystox)	50-75	30
BHC	125	60
Dimetoato (Roxión, Perfekthión)	200-300	14
DDT	250	7-30
Fenvalerato (Belmark)	450	15
Carbaryl (Sevin)	850	2
Malathión	1,400-2,800	1 a 3

La formulación de los insecticidas influyen en el riesgo de intoxicación. Así, los polvos secos y las nebulizaciones, por tener partículas muy finas de fácil dispersión, penetran más fácilmente a las vías respiratorias. En tanto que los concentrados emulsionables son más fácilmente absorbidos por la piel que los polvos secos o los polvos mojables.

Residuos de insecticidas en los productos vegetales

Cuando se aplica un insecticida cierta cantidad del producto se deposita sobre la planta. Este depósito tiende a disiparse con el tiempo, la insolación, el viento, la lluvia, la temperatura y otros factores metabolizantes. La cantidad de insecticida o sus derivados que permanecen sobre o dentro de la planta al momento de la cosecha o de su utilización se denomina "residuo" y se expresa en partes por millón (p.p.m.) del peso fresco del producto, salvo que se especifique otra cosa.

La rapidez con que se disipan los depósitos de los insecticidas en las plantas depende de varios factores:

- del insecticida: su naturaleza, estabilidad y tipo de formulación.
- de la planta: tipo, naturaleza de superficie, velocidad de crecimiento, etc.
- de las condiciones climáticas: lluvia, viento, radiaciones solares, etc. que afectan la adherencia y estabilidad de los insecticidas.

En cuanto a la naturaleza de los insecticidas, existen ciertos productos que son extremadamente estables y otros que se descomponen rápidamente. El aldicarb, por ejemplo es un compuesto que penetra a la planta y perdura por varias semanas. En cambio, el mevinfos, que también penetra y circula en el interior de la planta, se metaboliza rápidamente en pocas horas, sin dejar residuos tóxicos.

Niveles de tolerancia de residuos

Tolerancia es el límite máximo de residuo de un pesticida que se permite en un producto alimenticio al momento que es ofrecido para el consumo y que es resultante de la práctica autorizada en el uso del pesticida. La tolerancia se expresa en miligramos del residuo del pesticida por kilogramo de peso de alimento o en p.p.m.

El cálculo de la tolerancia se basa en el conocimiento previo de la *Ingesta Diaria Admisible* (IDA) (Cuadro 9:2) del producto insecticida que es la cantidad que una persona puede ingerir a diario durante toda la vida sin correr riesgo apreciable, a juzgar por los conocimientos existentes. La IDA se expresa en miligramos del producto por kilogramo de peso de la persona (mg/kg). El cálculo de las tolerancias en los Estados Unidos se basa en la determinación del MEL (*no-ill-effect level*), modificado posteriormente a NOEL (*no-observable effect level*), para animales experimentales; que es la cantidad de insecticida que ingiere diariamente el animal sin presentar ningún síntoma y se expresa en mg/kg/día. Por consideraciones de seguridad este factor se reduce a un centesimo para convertirlo en IDA para el ser

humano. En el caso de la IDA el valor se reduce también a un centesimo para pasar del animal experimental al ser humano. Con esta base se calcula la contribución teórica máxima del residuo para cada alimento. La suma total debe ser menor que la IDA. El procedimiento es distinto si se sospechan efectos oncogénicos (National Research Council, 1987)

Cuadro 9:2 Ejemplos de valores IDA, y Tolerancias:

Producto	IDA mg/kg	Tolerancia mg/kg	
		papa	tomate
dieldrín	0.0001	0.2	0.1
parathión	0.005	0.7	0.7
malathión	0.02	8.0	3.0
carbaril	0.01	0.2	5.0

Las Naciones Unidas, a través de la FAO y de la Organización Mundial de la Salud, reconociendo el grave peligro de los residuos en productos agrícolas, estudia el problema para establecer normas internacionales de residuos en productos alimenticios específicos (Cuadro 9:3). Esto se hace a través del *Codex Alimentarius* o *Código Internacional de Alimentos*, que se publica periódicamente desde 1963, y de otras publicaciones.

El sistema de tolerancias está vigente en los países industrializados desde hace mucho tiempo (1954 para los Estados Unidos) conjuntamente con un eficiente sistema de fiscalización de residuos. La preocupación es constante sobretodo por los posibles efectos cancerígenos. En nuestro país, desafortunadamente, el problema de residuos no ha sido enfocado con la seriedad necesaria, ni existen medios de fiscalización de residuos para hacer cumplir las tolerancias internacioneles. En el año 1975 se inició un programa para el establecimiento oficial de tolerancias a través del Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC) pero al poco tiempo el programa fue abandonado. Posteriormente el país de adhirió al Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas elaborado por FAO, 1986.

Desde el punto de vista práctico, es posible reducir los residuos debajo de los límites de tolerancia, siguiendo las instrucciones de las etiquetas de los envases de insecticidas; sobre todo en lo que se refiere a dosis y tiempo que debe mediar entre la última aplicación y la cosecha (referido a veces como "período de carencia"). Pero la escasa observancia de estas instrucciones hace que los consumidores en nuestro país adquieran productos, sobre todo hortalizas, en condiciones que no podrían ser comercializados en otras partes del mundo, debido a los altos residuos de insecticidas que contienen.

RESISTENCIA DE LOS INSECTOS A LOS INSECTICIDAS

El fenómeno de resistencia de las plagas a los pesticidas ha sido observado donde quiera que se utilicen estos productos en forma rutinaria y en la actualidad los especialistas lo aceptan como una consecuencia natural del proceso evolutivo. Plagas que inicialmente fueron susceptibles a dosis bajas de un producto, después de un tiempo de sucesivas aplicaciones, requieren dosis mayores y eventualmente, terminan por no ser afectadas. Aunque unos pocos casos de resistencia han sido registrados para productos inorgánicos, los más notables y de mayor importancia económica son los casos de resistencia a los insecticidas orgánicos modernos, fosforados, clorados, carbamatos y piretroides, así como a los diversos grupos de acaricidas. En el año 1989, la FAO había registrado 504 casos de resistencia especialmente en Dípteros, Lepidópteros, Coleópteros y Acares. Pero la mayoría de los casos de resistencia no son reportados a los organismos especializados.

En principio, el desarrollo de resistencia en una población de insectos se basa en la variabilidad natural que presentan los individuos de esa población a los efectos de un producto. Normalmente unos pocos individuos son capaces de tolerar las dosis que producen la muerte de la gran mayoría de la población. Si se ejerce una presión de selección por medio de sucesivas aplicaciones los individuos susceptibles son eliminados y la población se torna resistente.

Hay que distinguir el concepto de *resistencia* que es la pérdida de susceptibilidad de una población como consecuencia de las aplicaciones de insecticidas y la *tolerancia* que es la ausencia de susceptibilidad de una población de insectos a un producto como una característica natural. Si el DDT no mata moscas ni cucarachas en la actualidad se debe a dos fenómenos diferentes: Las moscas han adquirido resistencia en tanto que las cucarachas presentan tolerancia, pues nunca fueron susceptibles al producto.

Niveles de resistencia

La resistencia no se desarrolla al mismo ritmo en todas las poblaciones sometidas a similares presiones de selección. En unos casos la resistencia se desarrolla rápidamente, en otros ocurre en forma progresiva y puede que en algunos casos no se llegue a desarrollar o se produzca en forma muy lenta. Aún dentro de una misma especie se pueden presentar diferencias entre poblaciones aisladas. La explicación está en los múltiples factores que están involucrados en el fenómeno. Según Georghiou y Taylor (1986) hay *factores genéticos*, como la frecuencia de los alelos de resistencia, el número de alelos involucrados y su condición de dominancia; también intervienen las interacciones entre los alelos de resistencia, el efecto de selecciones previas, por otros pesticidas. Hay *factores biológicos y ecológicos*, como el número de generaciones por año, el tamaño de la descendencia por generación y las condiciones de monogamia, poligamia y partenogénesis. También hay que considerar las condiciones de aislamiento y migración, monofagia y polifagia. Entre los *factores operacionales* están la naturaleza química del insecticida, su relación

con productos químicos usados anteriormente y la persistencia de los residuos. También influye el nivel de infestación usado para las aplicaciones, el umbral de selección, el estado de desarrollo del insecto, el modo de aplicación, los límites espaciales de la selección y las selecciones alternativas.

Cuadro 9:3 Límites de tolerancia (ppm) de algunos productos insecticidas según el Código Internacional de Alimentos

<i>Insecticida</i>	<i>Manzanas</i>	<i>Cítricos</i>	<i>Frijol</i>	<i>Col</i>	<i>Tomate</i>	<i>Papa</i>
<i>Aldrín</i>	0.0	0.05	0.0	0.1	0.1	0.1
<i>Dicofol</i>	5.0	10.0	5.0	—	5.0	—
<i>Carbofenotion</i>	0.8	2.0	0.8	—	0.8	—
<i>DDT</i>	7.0	3.5	7.0	7.0	7.0	1.0
<i>Dieldrin</i>	0.1	0.05	0.0	0.1	0.1	0.1
<i>Arseniato de plomo (1)</i>	7.0	1.0			7.0	
<i>Lindano</i>	10.0	10.1	10.0	10.0	10.0	—
<i>Parathión</i>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	—
<i>Tetradifón</i>	5.0	2.0	—	—	1.0	
<i>Carbaril</i>	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	—
<i>Demeton</i>	0.8	0.8	0.3	0.8	0.8	0.8
<i>Dimetoato</i>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	—
<i>Endosulfan</i>	2.0		2.0	2.0	2.0	
<i>Malathión</i>	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0

(1) combinado de plomo

El nivel de resistencia que finalmente alcanza una población puede ser similar o superior a la tolerancia que registraron los individuos menos susceptibles de la población. Pueden distinguirse tres casos principales de resistencia (Figuras 9:3).

a. La simple eliminación de los

individuos susceptibles sin incremento de la tolerancia entre los individuos menos susceptibles. Esto causa solo un pequeño incremento en las dosis requeridas para destruir los insectos.

b. La resistencia que progresivamente va incrementándose en toda la población. Este caso sucede normalmente cuando muchos genes están involucrados en la determinación de la resistencia (resistencia poligénica).

c. Resistencia que se caracteriza por la pronta diferenciación de una fracción de la población altamente resistente que finalmente es la que persiste. En este proceso generalmente hay un solo gene de resistencia específica (resistencia monogénica) o muy pocos genes. En estos casos el fenómeno de resistencia es más rápido y generalmente alcanza niveles muy altos.

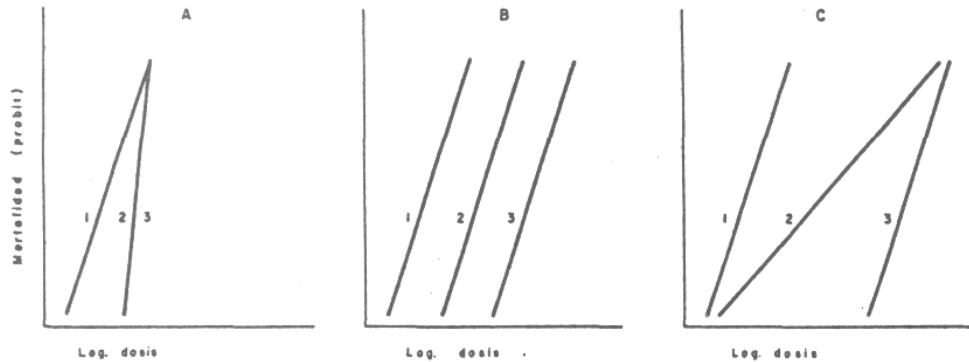


Fig. 9:3 Casos de desarrollo de resistencia de poblaciones de insectos a los insecticidas A: Eliminación de los individuos susceptibles de una población, B: Resistencia poligénica general (vigor), C: Resistencia monofactorial específica.

Los niveles de resistencia que pueden alcanzar las poblaciones son muy variables, en unos casos puede ser 10 veces (10X) más resistente que la población original, en otros casos, puede alcanzar niveles de 100X o más.

Fuentes de resistencia

La principal fuente de resistencia de los insectos reside en sus mecanismos de desintoxicación, pero también son importantes los factores que afectan la penetración del insecticida a través de la cutícula, el almacenamiento de los tóxicos en los tejidos del cuerpo, la penetración a través de membranas internas, los niveles de colinesterasa y la capacidad de excreción (March, 1959). También es importante la reducción de sensibilidad de los sitios de acción.

En la resistencia a los insecticidas organofosfóricos con niveles máximos de resistencia, tienen predominancia los mecanismos de desintoxicación. En los insecticidas clorados el desarrollo de los niveles de resistencia, normalmente altos y uniformes, son grandemente influenciados por las condiciones de saturación de los sistemas de absorción.

Resistencia cruzada

En el desarrollo de resistencia ocurre con frecuencia el fenómeno de *resistencia o tolerancia cruzada*; es decir que la presión de selección de un insecticida incrementa también la resistencia de la población a otro producto que no fue usado en la selección. Generalmente hay cierto grado de resistencia cruzada entre productos de

la misma clase. Pero dependiendo del mecanismo de resistencia también se presenta resistencia cruzada entre diferentes clases. Por ejemplo, es notable la resistencia cruzada entre el DDT y los piretroides (debido al gene *kdr*) y entre los carbamatos y organofosforados por selección a la poca sensibilidad de la colinesterasa (Hama, 1983).

Algunas generalizaciones establecidas con anterioridad han encontrado muchas divergencias con el tiempo; Así se sostenía que entre los fosforados la tolerancia cruzada era relativamente baja en cambio era relativamente grande entre fosforados a clorados.

Por otro lado, se consideraba que la tolerancia cruzada entre compuestos clorados era relativamente alta en cambio entre clorados o fosforados, relativamente baja. En algunos compuestos se ha encontrado resistencia cruzada de carbamatos a clorados y a fosforados (Moorefield, 1959). Las poblaciones que exhiben resistencia contra diversos productos se denominan *polirresistentes*.

Estabilidad de la resistencia

La estabilidad de los niveles de resistencia constituye un aspecto de gran importancia práctica pero desafortunadamente todavía no bien esclarecida. En general, la resistencia a los clorados, normalmente alta, es relativamente estable y disminuye muy lentamente después que se elimina la presión de selección. Por el contrario, la resistencia a los fosforados tiende a ser inestable y a disminuir rápidamente después que se elimina la presión de selección (March, 1959). Es muy probable que la inmigración de insectos y el flujo de genes entre poblaciones tenga una importancia muy grande en la estabilidad de la resistencia.

Casos de resistencia en el Perú

Las primeras revisiones de los casos de resistencia a los insecticidas en el país fueron hechas por J. Herrera (1958) y O. Beingolea (1958). Entonces ya se había detectado la resistencia del pulgón del algodón al BHC, del gusano de la hoja del algodón al toxafeno y del perforador de la bellota del algodón *Heliothis virescens* al DDT. Posteriormente se comprobó la resistencia del arrebatiado al BHC (García B. 1959), de la mosca minadora y del pulgón de la papa al paratión (Herrera 1963). Muchos otros casos se han registrado sobre la ineficiencia de los insecticidas que podrían ser atribuidos al desarrollo de resistencia; entre ellos: inefectividad del paratión contra *Phthorimaea* y *Scrobipalpula* de la papa y el tomate; de metasytox contra el pulgón de la papa; de aminocarb contra el gusano del fruto del tomate; de ometoato contra *Phthorimaea* en tabaco, etc. Muy común es el rápido desarrollo de resistencia de las arañitas rojas de los cítricos, del palto, del frijol y de otras plantas a diversos acaricidas. Un caso notable es el de *Bucculatrix* del algodón en la costa norte que ha desarrollado en forma sucesiva resistencia al DDT, Perthane, dilan y clorofenamida.

CLASIFICACIÓN DE LOS INSECTICIDAS

Los insecticidas se clasifican de acuerdo a varios criterios y cada sistema de clasificación ayuda a caracterizar los productos. Los principales criterios de clasificación son: según la vía de ingreso del insecticida al cuerpo del insecto; según su capacidad de penetrar y translocarse en la planta; según su efectividad particular contra las plagas; y según el origen y naturaleza química del producto.

Según la vía de ingreso al cuerpo del insecto.

Este criterio de clasificación es mencionado por algunos autores como "forma de acción" del insecticida, terminología que en realidad no es apropiada.

Insecticidas estomacales o de ingestión: Aquellos productos que penetran por el sistema digestivo; es decir que deben de ser ingeridos por los insectos conjuntamente con sus alimentos naturales, como las hojas, o con sustancias preparadas expresamente formando cebos tóxicos. A este grupo pertenecen los arseniatos. Algunos autores incluyen en este grupo a los insecticidas sistémicos que son tomados por los insectos al succionar los jugos de las plantas. También hay otros productos como los preparados de *Bacillus thuringiensis*. Algunos insecticidas modernos además de ingresar por la boca suelen penetrar por la cutícula.

Insecticidas de contacto: Aquellas sustancias capaces de atravesar la cutícula del insecto al ponerse en contacto con ella. Incluye a casi todos los insecticidas sintéticos modernos, siendo el DDT, parathión, carbaryl y piretroides; los ejemplos clásicos.

Algunos autores consideran dentro de este grupo a los aceites que al ponerse en contacto con el insecto lo cubren de una película aceitosa que obtura los espiráculos respiratorios provocando la muerte del insecto por asfixia. Otros autores catalogan a estos insecticidas en un grupo aparte, llamándoles *Insecticidas de sofocación*

Insecticidas gaseosos o fumigantes: productos que en forma de gas penetran a través del sistema respiratorio del insecto. Ejem. el gas cianhídrico, el bromuro de metilo, y la fosfamina.

Según la penetración y translocación en la planta.

Cuando un insecticida se deposita sobre la superficie de la planta puede ocurrir que permanezca exteriormente, que penetre a los tejidos inmediatos, o que penetre hasta los tejidos conductores y circule con la savia.

Insecticidas superficiales: Aquellos que depositados sobre la superficie de la planta permanecen allí sin penetrar apreciablemente a los tejidos internos. Ejemplos: Asenicales, DDT, carbaryl, piretroides.

Insecticidas de penetración o profundidad: Aquellos que pueden penetrar y atravesar los tejidos vegetales de manera que aplicados sobre la superficie superior de las hojas sean capaces de matar a los insectos que se encuentran dentro del tejido parenquimatoso de la hoja o en el envés. Ej. parathión, iodofenós, fenitrotión,

diazinón.

Insecticidas sistémicos (sistemáticos, endoterapéuticos, teletóxicos o citótopos): Substancias que son absorbidas por la planta y luego movilizados a lo largo de sus órganos en concentraciones suficientes para matar a insectos localizados en partes distantes al lugar de aplicación. Ejemplos: demeton, dimetoatos, aldicarb, metamidofos, monocrotofos, ometoato. El grado, del efecto sistémico es variable según los productos y el estado fisiológico de la planta. Plantas en plena actividad, como después de un riego, absorben y translocan el producto más eficientemente. También influyen otros factores. Hay insecticidas como el lindano, parathión y sobre todo metomyl, considerados no sistémicos, que aplicados como cubrimiento de semillas son absorbidos y translocados a las primeras hojitas de las plántulas.

Una vez que el producto sistémico ha sido absorbido pueden ocurrir tres fenómenos diferentes, según la naturaleza del producto: (a) excepcionalmente, que el producto se mantenga sin ningún cambio (producto estable o no metabolizado) como los compuestos de selenio; (b) que el producto se descomponga en metabolitos no tóxicos después de cierto período (compuestos endolíticos) como el Schradan, Dimefox, mevinfos; (c) que las substancias absorbidas se transforman en productos más activos (endometatóxicos) antes de descomponerse en metabolitos no tóxicos, como el dimetoato, demeton, disulfoton, forato, fosfamidon y otros.

Según la efectividad particular contra las plagas

Se usan diversos términos descriptivos tales como:

- aficidas: efectivos contra áfidos
- formicidas: efectivos contra hormigas
- blaticidas o cucarachicidas: efectivos contra cucarachas
- ovicidas: efectivo contra huevos de insectos y acaros
- larvicidas: efectivos contra larvas. En entomología médica suele referirse sólo al efecto contra larvas de zancudos.
- adulticidas: efectivos contra adultos.

Según el origen y la naturaleza química del producto

Los numerosos compuestos insecticidas que se usan en agricultura se han agrupado clásicamente en: Insecticidas minerales o inorgánicos, insecticidas de origen vegetal, e insecticidas orgánicos sintéticos. En los últimos años han aparecido productos que no encajan satisfactoriamente en estas categorías; entre ellos los insecticidas microbiológicos, como las toxinas del *Bacillus thuringiensis*, la abamectina que se obtiene por fermentación de un hongo del suelo *Streptomyces avermitilis*, o los productos que imitan a las hormonas de la muda llamados reguladores de crecimiento.

Insecticidas Minerales o Inorgánicos

Son sales inorgánicas tóxicas que generalmente contienen arsénico o flúor; aunque también hay productos a base de bario, boro, cobre, mercurio, antimonio, selenio, azufre, talio y otros elementos. En general son sustancias muy estables que actúan por ingestión. Estos productos han sido desplazados casi completamente por los insecticidas orgánicos modernos. En el Perú todavía se usa arseniato de plomo ("Novokil", "Plombotox") y arseniato de calcio ("Paracas" y "Conquista") contra ciertas plagas del algodón. Ocasionalmente se usa la "criolita", un compuesto fluorado. El azufre, en polvo seco o mojable ("Permec", "Cosan", "Elasal" y "Kumulus") tiene efecto acaricida y fungicida.

Insecticidas de origen vegetal

Son insecticidas que se derivan de plantas que contienen sustancias diversas, incluyendo alcaloides, que son tóxicos para los insectos. Pueden usarse como extractos o como partes de las plantas molidas en forma de polvo. La nicotina se extrae de las hojas del tabaco, las piretrinas de las flores del piretro (solo para uso casero) y la rotenona de las raíces del "cube" o "barbasco" (*Lonchocarpus* spp.) Estos productos han sido desplazados por los insecticidas sintéticos aunque existe una nueva corriente para reivindicar productos derivados de las plantas.

En años recientes ha adquirido cierta importancia los extractos de las semillas de *Azadirachta indica* un árbol originario de la India conocido comúnmente como "nim" o "margosa". Un nombre comercial es Margosan-O y se le atribuye acción contra insectos masticadores y picadores chupadores. La sustancia activa es un triterpenoide (azaridachtina).

En la sierra del país crecen varias especies de plantas del género *Minthostachis* conocidos comúnmente como "muña" rica en aceites esenciales. Los extractos de sus hojas o las hojas mismas, enteras o molidas, tienen efecto insecticida. Tradicionalmente se le usa en almacenes de papa contra la polilla y el gorgojo de los Andes.

Insecticidas orgánicos sintéticos

Constituyen un grupo muy heterogéneo de compuestos orgánicos con características químicas, físicas y toxicológicas muy variables. Se les puede agrupar por su composición química. Los primeros grupos; clorados y fosforados, fueron desarrollados a partir de la década de 1940. Posteriormente se desarrollaron los carbamatos y luego los piretroides estables. Hay grupos menores como los nitrofenoles, sulíbnados, tiocianatos y formamidinas. A estos y otros compuestos que no corresponden a ninguno de los grupos mencionados se les ubica como misceláneos.

A continuación se describen brevemente los principales grupos de insecticidas orgánicos sintéticos incluyendo ejemplos para cada uno. Se utilizan los nombres técnicos o genéricos; excepcionalmente los nombres comerciales que van estre

comillas.

- *Nitrofenoles y derivados*: Son sustancias derivadas del cresol y del fenol, con marcado efecto fitotóxico. Algunos compuestos sólo pueden ser usados como tratamientos de invierno en manzanos y otros frutales caducifolios, solos o con aspersiones de aceite. Controlan escamas, ácaros y huevos de pulgones. También tienen efecto fungicida especialmente contra oidiosis.

Dinitrofenol

Dinobuton

Dinocap

Dinocton-O (descontinuado)

DNOC

- *Órgano-clorados*: Son sustancias que llevan cloro en su composición y son activas por que afectan el sistema nervioso a nivel del axon, por procesos no bien esclarecidos. El grupo incluye insecticidas y acaricidas de contacto, de toxicidad variable para el hombre. Algunos compuestos son muy estables y se acumulan en el suelo, el agua, los animales y en la grasa humana y leche materna. Por estas razones el uso agrícola de la mayoría de estos compuestos ha sido prohibido. A algunos compuestos se les ha atribuido efectos cancerígenos aunque esto no ha sido demostrado fehacientemente. Además de su uso en protección de cultivos, el DDT y el BHC han jugado un rol muy importante para la salud humana controlando vectores de enfermedades por más de 30 años. En la actualidad su uso agrícola está prohibido.

Principales compuestos de este grupo:

Aldrín

BHC

Clorbensido

Giordano

Clorobenzilato

DDT

Dicofol

Dieldrin

Endosulfan

Endrín

Heptacloro

Lindano

Metoxicloro

Mirex

Ovex

TDE

Tetradifon

Toxafeno

- *Organo-fosforados*: Son fosfatos orgánicos que afectan el sistema nervioso

por su acción anticolinesterásica. La enzima colinesterasa es esencial para el control de las transmisiones entre células nerviosas. Algunos compuestos son extremadamente tóxicos y fácilmente absorbidos por lo que su manejo entraña graves riesgos. Este grupo de insecticidas incluye productos muy variados; los hay de contacto, ingestión y efecto fumigante; sistémicos y no sistémicos; muy estables y de persistencia fugaz. La mayoría tiene un amplio espectro de acción.

Principales Compuestos:

Acephato ("Orthene")
Amidithion ("Thiocron")
Azinfos-etüico ("Gusathión-A")
Azinfos-Metílico ("Gusathion")
Bomyl ("Fly But Grits")
Carbofenotion ("Trithion")
Cianofos ("Cyanox")
Clorfenvinfos ("Birlane")
Clorfoxim ("Baythion C")
Clormefos ("Dotan")
Clorpirifos ("Cypona")
Clorpirifos metílico ("Reldan")
Crotoxfos ("Cypona")
Demeton ("Systox")
Demeton-S-metílico ("Metasystox - i")
Demeton-S-metílico-Sulfoxido
("Metasystox-R")
Diazinon ("Diazinon")
Diclofention ("Nemacide")
Dicrotofos ("Bidrin") Dimefox ("Terra-Sytam")
Dimetoato ("Dimeton")
Dioxabenzofos ("Salithion")
Dioxation ("Delnav")
Disulfoton ("Di-syston")
Ebufos ("Apache")
Endotion ("Exothion")
EPN
Ethion ("Ethanox")
Etoprop ("Mocap")
Fenamifos ("Nemacur")
Fencapton ("Phencapton")
Fenitrotion ("Folithion")
Fensulfotión ("Dasanit")
Fention ("Baytex")
Fentoato ("Cidial")
Fonofos ("Dyfonate")
Forato ("Thimet")
Formotion ("Anthio")
Fosalone ("Zolone")

Fosfamidon ("Dimecron") Fosfolan ("Cyolane")
Fosmet ("Imidan")
Fosmetilan ("Nevifos")
Foxim ("Volaton")
HETP o TEPP
Heptenofos ("Hostaquick")
Iodofenfos ("Nuvanol-N")
Isazofos ("Triumph")
Isofenfos ("Oftanol")
Isoxation ("Karphos")
Malathion ("Malathion")
Mefosfolan ("Cytrolane")
Menazon ("Menazon")
Metamidofos ("Tamaron")
Metidation ("Supracide")
Mevinfos ("Phosdrin")
Monocrotofos ("Azodrin")
Naled ("Dibrom")
Ometoato ("Folimat")
Oxideprofos ("Metasystox-S")
Parathión ("Parathion")
Paratión Metihco ("M-Parathion")
Piridafention ("Ofimack")
Pirimifos-metílico ("Acteílic")
Profenofos ("Selecron")
Propetamfos ("Seraphos")
Protiofos C'Tokuthion")
Protoato ("Fac")
Quinalfos ("Bayrusil")
Schradan ("Sytam")
Sophamide
Sulfotep ("Bladafum")
Sulprofos ("Bolstar")
Temefos ("Abate")
Terbufos ("Counter")
Tetraclorvinfos ("Gardona")
Tiometon ("Ekatín") Triazophos ("Hostathión")
Triclorfon ("Dipterex")
Vamidotion("Kilval")

- *Carbamatos*: Son ésteres de ácido carbámico que inhiben la colinesterasa de manera similar a los insecticidas organofosforados. Igual que los fosforados, los carbamatos incluyen productos de características muy variables en cuanto a su toxicidad para los insectos y para los humanos, amplitud del espectro de acción, persistencia y efecto sistémico.

Principales compuestos de este grupo:

Aldicarb ("Temik")
Aldoxycarb
Aminocarb ("Matacü")
Bendiocarb ("Ficam")
Butocarboxim ("Afilene")
Butoxicarboxim ("Plant-Pin")
Carbaryl ("Sevin")
Carbofiiran ("Furadan")
CarbosuUan ("Advantage")
Cloetocarb ("Lance")
Dimetan ("Dimethan")
Dioxacarb ("Famid")
Etiofencarb ("Croneton")
Fenocarb ("Carvil")
Furatiocarb ("Promet")
Isolan ("Primin")
Isoprocab ("Mipcin")
Landrin ("Landrin")
Mecarbam ("Pestan")
Metiocarb ("Mesuro")
Mexacarbato ("Zectran")
MTMC ("Tsumacide")
Oxamyl ("Vydate")
Pirimicarb ("Pirimor")
Promecarb ("Carbamult")
Propoxur ("Baygón")
Tiocarboxima ("Thiocarboxime")
Tiodicarb ("Larvin")
Trimetacarb ("Broot")
Xililcarb ("Meobal")
XMC ("Macbal")

- *Piretroides*: Son compuestos sintéticos que guardan alguna semejanza con las sustancias activas del piretro (ésteres de los ácidos crisantémico y piretroico). Los piretroides usados en agricultura son los llamados fotoestables que no se descomponen tan fácilmente como las piretrinas (naturales) y aletrinas (sintéticas). Son compuestos de una extraordinaria actividad biológica que afecta el sistema nervioso de los insectos; en algunos casos sólo se necesita unos pocos gramos de la sustancia activa por hectárea. En general, son productos con amplio espectro de acción, notoriamente sin efecto acaricida (salvo alguna excepción); no hay productos sistémicos, su acción es por contacto con efectos paralizantes. La mayoría es poco tóxica para el hombre y otros animales de sangre caliente por lo que su uso se ha extendido contra plagas caseras y de salud pública.

Principales compuestos de este grupo:

Aletrina
Alfacipermetrina ("Fastac")
Alfametrina
Bartrina
Beta-Cyflutrina ("Bulldock")
Bifentrina ("Brigade")
Bioaletrina
Bioresmetrina
Biopermetrina
Cismetrina
Cyletrina
Cyflutrina ("Baytroid")
Cypermetrina ("Cymbush")
Deltametrina ("Decís")
d-fenotrina ("Sumitrin")
d-tetrametrina ("Neo-Pynamin
Forte")
Dimetrina
EsbioI
Esfenvalerato ("Halmark")
Fenotrina
Fenpropanato
Fenvalerato ("Belmark")
Flucitrinato ("Pay ofi")
Fluvalinato ("Mavrik")
Furetrina ("Furethrin")
Indotrina
Lambdacihalotrina ("Karate")
Permetrina ("Ambush")
Phthaltrina
Resmetrina ("Vectrin")
Teflutrina ("Force")
Tetrametrina ("Neo-Pynamin")
Tralometrina

- *Sulfonados:* (Acaricidas):

-Aramite ("Aramite")
-Clorbensido ("Chlorocide")
-Clorfenson ("Chlorfenson")
-Clorofenson ("Ovex")
-Clorfensulfuro ("Chlorfensulphide")
-Fenson ("Murvesco")
-Fluorbensido ("Fluorparacide")
-Genite ("Genitol")
-Propargito ("Omite")
-Tetradifon ("Tedion")

- Tetrasul ("Animert")
- *Misceláneos*: Compuestos muy diversos en su estructura química y en sus características toxicológicas, incluye compuestos relativamente antiguos y productos modernos. La mayoría tiene efectos acaricidas.
- Abamectina ("Vertimec")
- Azocyclotin ("Peropal")
- Bromopropilato ("Acarol")
- Clorfenetol C'Dimite")
- Clorobencilato ("Akar")
- Clorofenamidina ("Galecron")
- Cloropropilato ("Acaralate")
- Cyhexatin ("Plictran")
- Dicofol ("Kelthane")
- Dienoclor ("Pentac")
- Fenbutatin ("Torque")
- Oxitiuquinox ("Morestan")
- Oxytane ("Neotran")
- Tranid ("Tranid")

Insecticidas hormonales y reguladores de crecimiento (IGR)

Es un grupo de sustancias que están relacionadas químicamente o funcionalmente (bioanálogos) con dos hormonas que producen los insectos para regular su crecimiento y metamorfosis: la hormona de la muda o *ecdisona* y la hormona juvenil o *neotenina*. La hormona juvenil predomina en los estados inmaduras y tiende a mantener al insecto en su forma larval o ninfal. Las sustancias sintéticas que tienen efectos similares se llaman *juvenoides* y evitan que el insecto alcance el estado adulto.

Por otro lado la ecdisona interviene en el proceso de muda o *ecdisis* que consiste en el cambio periódico de la cutícula del insecto permitiendo su crecimiento y metamorfosis. La endurecida vieja cutícula se desprende y se forma una nueva cutícula que inicialmente es elástica y permite el crecimiento del insecto hasta que se endurece. Durante el proceso hay absorción y depósito de quitina. Algunos compuestos interfieren con la formación de la nueva cutícula y el proceso de muda en general causando el crecimiento anormal del insecto y su muerte. Estos productos llamados reguladores de crecimiento de los insectos constituyen la generación más moderna de insecticidas. Son sustancias poco tóxicas para los vertebrados y se les considera poco dañina para el medioambiente.

Entre estas sustancias se encuentran las siguientes:

- Ecdisona u hormona de la muda
- Neotenina u hormona juvenil
- Juvenoides o bioanálogos de la neotenina:

Hidoprene ("Gencor")
Kinoprene ("Enstar")
Methoprene ("Altosid")
Triprene

- Reguladores de crecimiento no-juvenoides:

Diflubenzuron ("Dimilin")
Cyromazina ("Trigard")
Fenoxicarb ("Insegar")
Flufenoxuron ("Cascade")
Teflubenzuron ("Nomolt")
Triflumuron ("Alsystin")

FORMULACIÓN DE LOS INSECTICIDAS

Cuando se compra un insecticida lo que se adquiere es una *Formulación Comercial*; es decir un preparado especial que está listo para ser utilizado en forma directa o previa dilución en agua. El producto puede tener la forma de polvo, granulos o líquido. Una misma sustancia insecticida puede presentarse en el mercado bajo diferentes formulaciones comerciales. La riqueza de la formulación comercial está determinada por la cantidad de ingrediente activo o de producto técnico que contenga. Estos conceptos se explican a continuación:

Ingrediente activo y producto técnico

El *Ingrediente Activo* (i.a.) llamado también materia activa o sustancia activa, es el insecticida químicamente puro y posee una denominación química definida. El ingrediente activo del DDT, por ejemplo es el isómero *para-para del dicloro difenil tricloroetano* y el ingrediente activo del paratión es *dietyl-nitrofenil-fosforotiato*. En la fabricación industrial de los insecticidas, sin embargo, el producto no se obtiene químicamente puro sino mas bien acompañado de algunas impurezas y sustancias relacionadas propias del proceso de producción en gran escala. A este producto industrial se le llama *Producto Técnico o Materia Técnica* y constituye la base para la producción de las formulaciones comerciales. A los productos técnicos normalmente se les fija ciertos grados o límites mínimos de pureza. El producto técnico del endrín, por ejemplo, contiene alrededor del 85 por ciento de ingrediente activo. En el caso de los fosforados, carbamatos y otros productos la pureza del producto técnico suele ser más alta.

El producto técnico puede presentar un estado físico distinto al del ingrediente activo puro. Así, el dimetoato químicamente puro es un sólido blanco, en cambio el producto técnico es un líquido de apariencia aceitosa de color bruno-amarillento. El parathión metílico puro es un polvo cristalino blanco mientras que el producto técnico, que contiene alrededor de 80 por ciento de i.a., es un líquido bruno.

Formulación comercial: tipo y riqueza

El producto técnico constituye la materia prima en la formulación comercial de los insecticidas, proceso que se realiza en las plantas formuladoras. La materia técnica que puede ser líquida, sólida o pastosa, con frecuencia es insoluble en agua. De allí que no sea posible su dilución directa, para ser distribuida en el campo. Se requiere de preparados especiales que superen esta limitación. Los preparados especiales que permiten la dilución del insecticida y su distribución, son las *Formulaciones Comerciales o Formulados Comerciales*.

Cuando se trata de polvos para espolvoreos o de insecticidas granulados, las formulaciones comerciales normalmente vienen listas para ser aplicadas en forma directa en el campo. En casos excepcionales el producto técnico líquido se utiliza en forma directa sin dilución en agua, (aplicaciones de ultra-bajo-volumen). Pero lo común es que los concentrados líquidos y polvos se diluyan en agua para su aplicación.

Las formulaciones comerciales de los insecticidas se caracterizan por el tipo de formulación y por su riqueza o contenido de ingrediente activo. Un mismo producto insecticida puede presentarse bajo diversas formulaciones comerciales.

Los tipos convencionales de formulaciones son:

-Concentrado Emulsionable	C.E.
-Concentrado Soluble	C.S.
-Polvo Mojable	P.M.
-Polvo Soluble	P.S
-Polvo seco	P.
-Granulado	G.
-Cebo Tóxico	Cebo

En años recientes se han introducido algunas formulaciones especiales que mejoran las características de las formulaciones convencionales. Entre ellas están las siguientes:

- Micro-encapsulados
- Suspendidos líquidos
- Granulos dispersables
- Concentrados para ultra-bajo volumen
- Emulsiones invertidas
- Peletizados
- Paquetes solubles

Un insecticida no solamente puede ofrecerse en distintos tipos de formulaciones sino que dentro de un mismo tipo puede presentarse con diferentes contenido de materia activa. Por ejemplo, el producto insecticida de nombre genérico dimetoato, cuya denominación química es *Dimetil (metil carbamoil metil) fosforotiolotionato*, se vende en el Perú con tres nombres distintos para sus formulaciones comerciales: "Dimeton" (producto Bayer), "Roxión" (producto CELA) y "Perfekthion" (producto BASF). Con el nombre de Perfekthion existen tres formulaciones que difieren en riqueza: "Perfekthion EC 20"; "Perfekthion EC 40", y "Perfekthion S" que contiene 200, 400 y

500 gr. de i.a. por litro de producto comercial, respectivamente.

Por disposiciones legales, la etiqueta del envase comercial del insecticida debe indicar la riqueza o contenido de ingrediente activo. Si se trata de formulaciones en líquido la riqueza se expresa en gramos de i.a. por litro de producto comercial; o el equivalente en porcentaje de i.a. en peso por volumen de producto comercial. Cuando se trata de polvos o granulados la riqueza se expresa en porcentaje de peso de i.a. por peso del producto comercial, lo que es equivalente a gr. de i.a. por 100 gramos de producto comercial.

Nomenclatura de los insecticidas

Un insecticida tiene una identificación química (*nombre químico* de la sustancia activa) que en el ejemplo anterior fue *Dimetil (metil-carbamoil metil) fosforotiolotionato*. También tiene un *nombre técnico o genérico* aceptado internacionalmente, en el ejemplo, dimetoato, y tiene *nombres comerciales* que corresponden a las formulaciones comerciales; en el ejemplo Dimeton, Roxion y Perfekthion

Obsérvese que los nombres comerciales se escriben con la primera letra mayúscula y mantienen su deletreado original (Dimeton, Roxion, Perfekthion); en cambio los nombres genéricos comunes se escriben con letras minúsculas y se castellanizan. En nuestro ejemplo, el nombre dimetoato se deriva del nombre inglés dimethoate.

Substancias adyuvantes o coadyuvantes

Todas las formulaciones comerciales, pero sobre todo las que se diluyen en agua, contienen sustancias que mejoran las características físicas del producto, haciendo posible su dilución y aplicación, y mejorando su efectividad. Entre ellas están los *solventes* y las *substancias adyuvantes*. Existen solventes volátiles como el tolueno y el xileno y solventes no-volátiles como los aceites de petróleo y derivados afines. Los adyuvantes afectan la eficiencia del insecticida, mejorando la uniformidad y estabilidad de las diluciones y favoreciendo el depósito, permanencia y penetración de los insecticidas, en la planta y en los insectos. Cierta cantidad de adyuvantes están incorporados en la formulación comercial; pero también se pueden adquirir por separado para ajustar las cualidades de la aspersión a las condiciones particulares de la planta o del clima de una localidad.

Entre los principales adyuvantes están los adherentes, mojantes, dispersantes, esparcidores, emulsificantes y estabilizantes.

Los *adherentes o adhesivos* (adhesives o stickers): son sustancias que "retienen" el insecticida sobre la superficie de la planta, resistiendo al tiempo, viento, lluvia y otros factores adversos del ambiente. Entre las sustancias clásicas se encuentran las materias proteínicas como la caseína de la leche, la harina de trigo, la albúmina de la sangre, y la gelatina. Hay sustancias de otra naturaleza como aceites, gomas, resinas, y arcillas finas. Los productos adherentes comerciales modernos suelen poseer también características mojantes y esparcidoras. Algunas de estas

substancias son sales o sulfates de alcoholes sulfatados, esterres de ácidos grasos, sulfonatos del grupo alquilo, y sulfonatos de petróleo.

Los *mojantes* (wetting agents): Son substancias que bajan la tensión superficial de modo que el líquido se extiende sobre la superficie de la planta. Entre estas substancias se encuentran los alcoholes de cadenas largas, sulfonatos de petróleo, sulfates ácidos y derivados, derivados de sulfonatos aromáticos, esterres de ácidos grasos y arcillas. Se recomiendan para follaje de superficie cerosa.

Los *dispersantes* (dispersing agents o dispersants): Son substancias que reducen la cohesión o tendencia de las partículas a adherirse entre sí facilitando en dispersión en el agua. Las substancias dispersantes se utilizan en la preparación de los polvos mojables y concentrados emulsionables. Estos adyuvantes están relacionados con los agentes defloculantes que son substancias que ayudan a producir y mantener las suspensiones de los molvos mojables.

Los *esparcidores* (spreaders): Son substancias que adelgazan la película de un líquido sobre la superficie de la planta aumentando el área que cubre.

Los *emulsificantes* (emulsifying agents): Son llamados también emulgentes o emulsionantes. Son substancias que ayudan a la formulación y mantenimiento de las emulsiones; es decir, a la dispersión de pequeñas gotitas de un líquido aceitoso dentro del agua con la cual no es miscible. Se utiliza en la preparación de Concentrados Emulsionables.

Los emulsificantes, como los demás agentes tensoactivos, se pueden clasificar en:

No iónicos:

- esterres hidrofóbicos
- esterres hidrofílicos

Iónicos:

- *Aniónicos:* jabones alcalinos, alcoholes sulfonados del grupo arilo o alquilo, mojantes y detergentes en general
- *Canónicos:* Sales de amonio cuaternario.

Los agentes no-iónicos están indicados para aguas duras y van adquiriendo mayor importancia por no reaccionar con los insecticidas. Los amónicos son indicados para aguas blandas. Los catiónicos no son usados en las formulaciones de insecticidas por resultar caros. En la mayoría de los insecticidas comerciales se usan mezclas de agentes no-iónicos y amónicos.

Los *estabilizantes:* Son substancias que sirven para retardar la descomposición de los insecticidas y prolongar su efectividad.

Existen otros adyuvantes como *activadores penetrantes, correctivos de pH, controladores de espuma, etc.*

Adyuvantes comerciales: Para mejorar las características de las aplicaciones líquidas de los insecticidas se venden substancias que tienen efecto polivalente como adherentes, dispersantes y mojantes que se adicionan a las diluciones

acuosas de los insecticidas comerciales. Estos productos se usan generalmente a concentraciones de 25 a 50 cc. por 100 litros de caldo insecticida. Ejemplos de estos productos: Citowett, Plyac, Glyodin, Pegafix. Tritón, Plurafac, Polyonic, Penetrator, Nu-film, Activate, etc.

DESCRIPCIÓN Y USO DE LOS TIPOS DE FORMULACIONES

Se ha mencionado en repetidas oportunidades que un mismo insecticida puede presentarse en diferentes tipos de formulaciones. Cada formulación tiene ciertas características que permiten el mejor uso del producto para determinadas condiciones. Así, debe tenerse en cuenta los siguientes factores:

- a. La planta que va a ser tratada; riesgos de fitotoxicidad, tipo de superficie (cerosa, lisa, pubescente), densidad del follaje, etc.
- b. El equipo de aplicación disponible y que sea más adecuado para el tratamiento.
- c. Riesgos de acarreo por el viento, escurrimiento y lavado; hacia áreas vecinas susceptibles.
- d. Seguridad para los aplicadores, otras personas y animales domésticos que pudieran estar expuestos.
- e. Características de la plaga, Idealización, movilidad, etc.
- f. Costo

Según estas consideraciones, la decisión puede ser aplicar un líquido (aspersión), un polvo (espolvoreo) o un granulado. Las formulaciones que se usan para estos fines son las siguientes:

Concentrados emulsionables: CE

(Emulsifiable Concentrate: EC ó E)

El concentrado emulsionable es un líquido de aspecto aceitoso que al ser mezclado con el agua forma una emulsión. La dilución (o caldo) generalmente es muy estable y requiere poca agitación. Se aplica en aspersión. Esta formulación se obtiene disolviendo el producto insecticida y un agente emulsificante en un solvente orgánico. También se usan otras sustancias adyuvantes para mejorar los depósitos en la planta.

Debe tenerse presente que el exceso de adyuvantes tensoactivos es contraproducente, pues facilita el escurrimiento y el lavado del producto, y provoca la formación de abundante espuma que dificulta el sistema de alimentación de la pulverizadora. Esto último puede ocurrir cuando se usan diluciones muy concentradas en lugar de los caldos diluidos para los cuales han sido calculadas las cantidades de adyuvantes.

Los concentrados emulsionables tienen las ventajas siguientes: tienen altas concentraciones de ingrediente activo por lo que su precio relativo puede ser

favorable, es fácil de transportar y almacenar; requiere poca agitación para mantener la mezcla uniforme, no es abrasivo para el equipo de aplicación, no sedimenta, no obstruye las boquillas, no deja residuos visibles sobre la superficie de frutas y verduras.

Sus desventajas son: por su alta concentración en ingrediente activo, los errores de medida se magnifican fácilmente; por lo general son más fitotóxicos, penetran más fácilmente por la piel, los solventes pueden dañar las partes de jébe del equipo de aplicación.

Ejemplos:

Tamarón 50 C.E.

GusathiónIO.C.E

Parathión 50 C.E

Concentrados solubles: CS

(Solution: S)

Unos pocos productos insecticidas tienen su materia técnica líquida y soluble en agua. Con la adición de algunos adyuvantes se obtiene la formulación de Concentrado Soluble. Disuelto en agua se forma una solución uniforme que no requiere agitación.

Las características mencionadas para los concentrados emulsionables se aplican también para los concentrados solubles.

Ejemplos:

Folimat 100 C.S.

Azodrín 600 C.S.

Polvos mojables: PM

(Wettable Powder: WP)

Los polvos mojables tienen el aspecto de polvos finos, pero son concentrados que al ser mezclados con el agua forman suspensiones. Estas suspensiones o caldos son aplicados en forma de aspersiones o pulverizaciones. Los polvos mojables contienen sustancias humectantes y dispersantes y bases inertes que tienen cierto grado de suspendibilidad en el agua, como el caolín, talco y carbonato calcico. La bentonita tiene la más alta suspendibilidad pero tiende a recubrir la sustancia activa con lo que disminuye la eficacia de la formulación.

Los polvos mojables tienen las ventajas de su costo relativamente menor; facilidad de manejo, transporte y almacenamiento, menor fitotoxicidad que los concentrados emulsionables; fáciles de medir y mezclar; y de menor absorción por la piel que los concentrados emulsionables. Las desventajas son: hay un mayor peligro de inhalar los polvos concentrados en el momento de la medición y mezcla; requiere constante

agitación en el tanque, es abrasivo para las bombas y boquillas, y los residuos se hacen visibles fácilmente.

Ejemplos:

Morestan 25 P.M.

Matacil 76 P.M.

Sevín 85 P.S.

En el caso del Sevín 85 PS los fabricantes se refieren a Polvos Suspensibles en lugar de Polvo Mojable, pero no debe confundirse esta formulación con la de Polvos Solubles que se trata a continuación.

Polvos Solubles: PS

(Soluble Powder: SP)

En los pocos casos en que la materia técnica es un compuesto soluble en agua; es posible obtener un polvo que pueda disolverse directamente en el agua. Aún en estos casos se requiere de adyuvantes que faciliten el mojado de la planta. No se requiere agitación una vez que la solución está uniforme.

Ejemplos:

Dipterex 80 P.S.

Fundal 800 P.S.

Micro-encapsulados (Micro-encapsulation): Es una formulación especial en que las partículas insecticidas sólidas o líquidas, están rodeadas por una cobertura plástica. Mezclado con el agua forma una suspensión que se aplica en aspersión. El encapsulado permite que el insecticida sea liberado paulatinamente y su efecto residual sea mayor. Además tiene la ventaja de ser menos riesgosa para el aplicador. Requiere agitación constante.

Suspendibles líquidos (Flowable: F o FL): Es un nuevo tipo de formulación líquida que contiene en suspensión granulos finos del ingrediente activo. Estos concentrados se diluyen en agua para su aplicación en aspersiones. Tienen las ventajas de ser fáciles de manejar y raramente obturan las boquillas; su desventaja es que requiera cierta agitación y puede dejar residuos visibles.

Granulos dispersables (Dry flowable: DF ó WDG): Son granulos que se dispersan en agua formando una suspensión como los polvos mojables para ser aplicados en aspersiones. La ventaja sobre los polvos mojables es que tienen menos riesgo de ser inhalados y son más fáciles de medir, verter y diluir. También requieren agitación.

Paquetes solubles (Water Soluble Packets): Son formulaciones especiales para reducir los riesgos de manejar productos altamente tóxicos. Son paquetes plásticos que contienen polvos mojables o polvos solubles y que se disuelven al ser echados en el agua. La mezcla se asperja como cualquier caldo insecticida.

Concentrados para ultra-bajo-volumen (Ultra low volume concentrate: ULV) Es una

formulación líquida que se aplica concentrada, tal como se vende o ligeramente diluido en un líquido que no es agua. Se aplica en aspersión con un equipo especial de UBV.

Polvos para espolvoreos o polvos secos: P

(Dust: D)

El Producto insecticida se presenta en forma de polvo fino, frecuentemente coloreado para evitar su confusión accidental con harinas comestibles. Se distinguen los "polvos secos concentrados" de los "polvos secos diluidos". Los polvos concentrados necesitan ser diluidos antes de ser aplicados mientras que los polvos diluidos se aplican directamente en el campo (espolvorees). Ambas formas se venden en el mercado, pero es preferible comprar los polvos diluidos.

Los inertes que se utilizan comúnmente en la preparación de polvos secos son el talco, la pirofilita, las arcillas, el carbonato de calcio, el silicato sintético de calcio y el atapulgito.

Los polvos tienen la ventaja de penetrar fácilmente entre el follaje y la desventaja de ser fácilmente llevado por el viento con poca retención sobre la superficie de la planta.

Ejemplo de polvos concentrados:

Aldrín 40% P.

BHC 12% P.

Ejemplo de polvos diluidos:

Aldrín 2.5% P

BHC 3% P.

Sevin 5% P.

Granulados :G

(Granule:G)

Con fines o razones especiales, los insecticidas pueden formularse en forma granulada. En estas formulaciones el insecticida va absorbido o adherido a la superficie de granulos de inerte, en una concentración que permite su aplicación directa. Con la formulación granulada se disminuye apreciablemente los riesgos de intoxicación accidental y contaminación facilitando la aplicación dirigida del producto. Los granulados se emplean en casos específicos como la incorporación de insecticidas al suelo, la aplicación de larvicidas contra zancudos, o para el control de insectos del maíz y otras plantas gramíneas que pueden retener los granulos entre sus hojas.

Ejemplos:

Dipterex 2.5 G

Temik 10 G

Temik 15 G.

Peletizados (Pellets: P ó PS): Formulación similar a los granulados pero de mayor tamaño siendo los pellets más uniformes en peso y forma.

Cebos tóxicos

(Bait; B)

Los cebos tóxicos son mezclas de insecticidas u otros pesticidas con alimento u otras sustancias atrayentes. Muchos de los cebos que se utilizan en la agricultura se preparan en el campo; sin embargo algunos productos se venden como cebos ya formulados.

Ejemplos:

Mirex, cebo contra hormigas cortadoras

Racumin cebo, contra ratas

Mesurool y Bugeta, cebos contra caracoles y babosas.

La preparación y utilización de los cebos se discute dentro del capítulo de Control Biológico.

FORMAS EN QUE SE APLICAN LOS INSECTICIDAS

Las pulverizaciones y los espolvorees son las dos formas más comunes en que se aplican los insecticidas agrícolas. Estas operaciones tienen por objeto distribuir y depositar el insecticida de manera uniforme sobre la superficie de las plantas. Otras formas, son las aplicaciones de granulados a las plantas y al suelo, los tratamientos de semillas, las mezclas con fertilizantes, las inyecciones al suelo, los cebos envenenados, y las aplicaciones de gases o fumigantes al suelo o a los productos almacenados.

Las aspersiones o pulverizaciones

Las aspersiones o pulverizaciones son aplicaciones de líquidos en pequeñas gotitas utilizando máquinas especiales llamadas aspersoras, asperjadoras, pulverizadoras o rociadoras. Las formulaciones comerciales que se utilizan en las aspersiones son los Concentrados Emulsionables, Concentrados Solubles, Polvos Mojables, Polvos Solubles y otras formulaciones especiales. Estas formulaciones se diluyen en agua para formar emulsiones, soluciones o suspensiones, según sea el caso, a las que, en forma general, llamaremos "caldos insecticidas". En las aspersiones de ultra-bajo-volumen, el diluyente, si lo hubiera, no es el agua.

Volúmenes de aplicación

Existe una relación entre el grado de dilución del caldo insecticida, el volumen que se aplica por hectárea, y el grado de mojado que se logra en la planta. Con estas consideraciones, las aspersiones se clasifican en:

- a. aspersiones de alto volumen o de caldos diluidos
- b. aspersiones de bajo a medio volumen o de caldos concentrados
- c. aspersiones de ultra-bajo- volumen (no se usa agua como diluyente).

Aspersiones de alto volumen

En las aspersiones de alto volumen se utilizan caldos diluidos y la característica fundamental es que la superficie de las hojas debe mojarse completamente, hasta el inicio del punto de escurrimiento. Cualquier aumento en el volumen de aplicación sólo produce mayor escurrimiento y no mayor depósito de insecticida sobre la planta. En la práctica resulta muy difícil mojar toda la planta de manera uniforme; lo normal es que el follaje externo llegue al punto de escurrimiento antes que se logre mojar todo el interior de la planta. Las pulverizaciones relativamente gruesas favorecen el rápido mojado de la planta. ,

La cantidad o volumen de caldo que se requiere para cubrir una hectárea de cultivo; es decir para mojar el follaje de las plantas en una hectárea, depende fundamentalmente de la abundancia del follaje. La cantidad de follaje está en relación con el tipo de planta, el tamaño y la densidad a que están sembradas. En plantas de papa, algodón o tomate de tamaño mediano se utiliza de 400 a 600 litros por hectárea; plantas mayores pueden requerir 800 o más litros por hectárea. En huertos frutícolas, naturalmente, se utilizan volúmenes mayores. Con frutales resulta más práctico calcular el volumen de aplicación por árbol; árboles de cítricos de tamaño mediano, de aproximadamente tres metros de alto, se utiliza de 10 a 20 litros por planta. Por cada metro adicional de altura debe agregarse alrededor de 10 litros por planta.

Para las aspersiones de alto volumen se utilizan normalmente pulverizadoras hidráulicas.

Aspersiones de bajo y medio volumen

En las aspersiones de bajo y medio volumen los caldos insecticidas son más concentrados que en las aspersiones de alto volumen y el depósito sobre el follaje se realiza en forma de gotitas aisladas. La cantidad de caldo por hectárea, para una misma cantidad de follaje, depende del número y tamaño de las gotitas que se depositan por unidad de área de follaje. La reducción en el volumen de aplicación ha sido posible dado el perfeccionamiento de las máquinas pulverizadoras que son capaces de formar gotitas más pequeñas y uniformes, sobre todo de emulsiones y soluciones.

Una reducción exagerada del volumen de aplicación no es recomendable para

controlan insectos pequeños y de escasa movilidad como querasas; o de escasa exposición a los depósitos. Tampoco es recomendable para fungicidas de contacto.

En una aspersión de bajo volumen para plantitas de algodón hasta de 25 cm. de altura, utilizando una boquilla por surco, se aplica de 10 a 20 litros por hectárea; en plantas de 25 de 40 cm. con dos boquillas por surco, se utiliza de 20 a 40 litros por hectárea; y en plantas de 50 cm. o más, con tres boquillas por surco, se usan de 40 a 80 litros por hectárea; hasta 100 litros si hay mucho follaje. Para estas mismas plantas se utilizan de 150 a 500 litros/ha, cuando se tratan de aspersiones de medio volumen.

Dependiendo del equipo de aplicación, los volúmenes de aplicación pueden ser mayores que los arriba indicados hasta acercarse a la condición de alto volumen. En esta gama de volúmenes intermedios se depositan más gotitas por área de follaje y/o las gotitas son de mayor tamaño.

En aplicaciones de invierno en frutales caducifolios, se consideran bajos volúmenes entre 200 y 600 litros por hectárea y volúmenes medios entre 600 y 1,200 litros. Estos volúmenes se logran con pulverizadoras neumáticas.

Las aspersiones de bajo y medio volumen pueden obtenerse con pulverizadoras hidráulicas, provistas de boquillas de bajo volumen que dan una pulverización fina; con pulverizadoras neumáticas y con aviones pulverizadores.

Aspersiones de ultra-bajo-volumen (ULV)

En las aspersiones de ultra-bajo-volumen se utilizan menos de 5 litros por hectárea y se aplican casi exclusivamente con aviones, aunque en los últimos años también se han desarrollado equipos terrestres. El producto que se asperja puede ser materia técnica como Malathión o fentiión, o soluciones concentradas en solvente orgánico poco volátil, pero en ningún caso se utiliza agua. La mayor ventaja de este sistema es cubrir grandes áreas con cada carga de avión. Los equipos terrestres que se han desarrollado recientemente son pequeños aplicadores de tipo rotatorio que trabajan a pilas y equipos combinados con aspersores rotatorios y sistemas neumáticos. Mayores detalles sobre los sistemas de aplicación de U.L.V. (Ultra-Low-Volume) se dan en los acápites sobre aspersiones aéreas y aspersores rotatorios.

Distribución y depósito de las aspersiones

Por lo general se considera que la eficiencia de la aspersión está dada por la uniformidad con que el insecticida se distribuye y deposita sobre toda la superficie de la planta. En ese sentido el mayor problema es conseguir una buena penetración a las partes internas de la planta. Desde un punto de vista funcional lo deseable es que el producto llegue a los lugares donde se encuentran los insectos. Por ejemplo, podría convenir que la aspersión deje depósitos preferentemente en la parte externa de la planta, si en ella se encuentran los órganos que se desean proteger o es el lugar donde la plaga se ubica normalmente. En algunas plantas, las yemas, botones florales, y frutos tiernos se encuentran distribuidos principalmente en la periferie de la

planta, en tales casos el control de una plaga que ataque a estos órganos puede hacerse con una cobertura superficial. Las aplicaciones dirigidas a los terminales del algodón controlan eficientemente las infestaciones iniciales del *Heliothis*.

Factores que influyen en el depósito de las gotas

Una gota de caldo insecticida se deposita sobre una hoja y la moja cuando choca con ella con fuerza suficiente que venza su tensión superficial y se rompa, de lo contrario rebota y se pierde. Entre los factores que intervienen en este fenómeno están la energía cinética de la gota, las características de la superficie de la planta y las características físicas del medioambiente. Estas consideraciones son más importantes cuando se trata de gotitas más pequeñas, como aquellas que predominan en las pulverizaciones de bajo y medio volumen.

Una gotita al salir de una boquilla hidráulica va cargada de una energía cinética que es proporcional al tamaño de la gota y que decrece conforme se aleja de la boquilla. Una vez perdida la energía inicial, en ausencia de viento, las gotas caen a una velocidad constante según su tamaño; esto se llama *velocidad terminal de la gota* (Cuadro 9:4). Las gotas más grandes caen más rápidamente, con una mayor fuerza de impacto, mientras que las gotas más pequeñas caen lentamente con una capacidad de impacto reducida y por consiguiente con menos posibilidades de mojar los objetos. Además, las gotas más pequeñas quedan expuestas por más tiempo a la acción de los factores del medio ambiente, principalmente la temperatura, que acelera la evaporación. Esta situación se agrava por que la superficie total de las gotitas pequeñas es mayor que la de las gotas grandes que se forman con la misma cantidad de líquido.

Cuadro 9:4 Velocidad Terminal de Caída para Gotas de Agua en la Atmosfera en condición de ausencia de viento. (Yeo, 1955)

Diámetro de la gota en micras	Velocidad Terminal en cm/sg.
1,000	400.00
500	210.00
250	94.00
200	65.00
100	27.00
50	7.50
20	1.20
5	0.70

Efecto del viento en el depósito de las gotas

En el campo, la caída de la gota no se realiza en ausencia de viento y esto hace que el tamaño de la gota tenga mayor importancia aún. Los depósitos logrados con gotas de 200 mieras en condiciones de alta turbulencia de aire pueden reducirse en un 40 por ciento, comparadas con los depósitos que se obtienen en condiciones de baja turbulencia. Los efectos de la turbulencia son más severos con las gotas más pequeñas. Gotas de 30 mieras o menos, es decir en el rango de los aerosoles, solamente pueden depositarse en condiciones de turbulencia mínima es decir temprano por la mañana o al caer la tarde.

Las gotitas llevadas por una corriente de aire poseen una energía cinética que les da la tendencia a seguir una trayectoria recta hacia el objetivo. Pero en el proceso de choque con el objetivo, digamos una hoja, interviene también la fuerza aerodinámica del desplazamiento del aire. El aire que se desvía alrededor de la hoja puede arrastrar consigo la gotita si la corriente es lo suficientemente fuerte. Tres factores intervienen en este fenómeno: (a) el tamaño de la gota, (b) la velocidad del viento y (c) el tamaño del objeto que se trata de mojar.

Las gotas más pequeñas son las más susceptibles a ser desviadas por la corriente aerodinámica; una mayor velocidad del viento imparte una mayor energía cinética a la gota; y, finalmente, los objetos más grandes provocan la formación de una mayor corriente aerodinámica de desvío. En estas condiciones los depósitos con gotas más pequeñas se logran mejor a mayor velocidad del viento y sobre objetos más pequeños o delgados. La tendencia de las gotas pequeñas de no chocar contra los cuerpos grandes y obtusos puede facilitar el ingreso de las gotitas al interior del follaje. El mismo efecto ocurre con las partículas de los polvos durante el espolvoreo.

La velocidad del viento, por otro lado, puede estar asociada con la turbulencia, convección y otros fenómenos del aire que producen el arrastre incontrolable de las gotitas con la consiguiente pérdida de insecticida y el peligro de contaminación de las zonas aledañas, particularmente en el caso de gotas pequeñas. En el campo no se recomienda aplicar aerosoles, gotas de 5-15 mieras de diámetro, cuando la temperatura a 1 m. de altura es mayor en 2.8°C que la temperatura a 7 m de altura, debido a la ocurrencia de comentes de "convección".

Opuesta a la convección son las condiciones de "inversión", es decir cuando la temperatura aumenta con la altura durante la tarde, porque la tierra pierde calor más rápidamente que el aire que la rodea. Estas condiciones son ideales para el depósito de los insecticidas.

Tamaño de las gotas

El tamaño de las gotas de las pulverizaciones varían de 5 a 1,000 mieras de diámetro con un rango variable según las aspersoras.

En las pulverizaciones hidráulicas el tamaño de la gota está determinada por el diámetro de la abertura de la boquilla, el tipo de boquilla y la presión del líquido. Para un mismo tipo de boquilla, los orificios más reducidos y las mayores presiones del líquido, dentro de ciertos rangos, producen las aspersiones más finas. En las

pulverizaciones neumáticas se logran gotas más finas con una mayor velocidad del aire; y en las pulverizaciones rotatorias las gotas más finas se obtienen con una mayor velocidad del disco pulverizador. Se considera más eficiente la espersora que produce gotitas más uniformes.

Para una misma aspersora, el tamaño de la gota varía con las características físicas del líquido, sobre todo con la tensión superficial, la que a su vez, depende de la calidad y cantidad de adyuvantes tensoactivos presentes en la formulación. A menor tensión superficial se obtiene gotitas más pequeñas.

La cantidad de líquido contenido en gotas de diferentes tamaños está en proporción al cubo de sus radios; así, una gotita de 300 mieras de diámetro corresponde a 1,000 gotitas de 30 mieras de diámetro.

En términos generales, las pulverizaciones pueden calificarse según el tamaño de las gotas de la siguiente manera:

Cuadro 9:5

Tipo de pulverización	Diámetro de la gota en mieras
gruesa	mayor de 400
fina	de 100 a 400
niebla o nebulización	de 50 a 100
aerosoles y neblina	de 0.1 a 50

Las gotitas pequeñas son fácilmente arrastradas por la corriente de aire y si son extremadamente pequeñas, como en el caso de los aerosoles, prácticamente no se producen depósitos. En las aspersoras terrestres de bajo volumen las gotitas generalmente están en el rango de 40 a 100 mieras, mientras que en las aspersiones de alto volumen y en las aspersiones aéreas el tamaño de la gota es considerablemente mayor.

Evaporación de las gotas

El grado de evaporación superficial está relacionado con el tamaño de la gota, la temperatura del medio, la humedad relativa, el viento y el tiempo que la gotita permanece en el aire (Cuadro 9:6).

La evaporación es proporcionalmente mayor en las gotas más pequeñas. Una gota de querosene de 100 mieras de diámetro se evapora en 30 segundos a 20°C mientras que una gotita de 10 mieras se evapora en 0.3 seg. Las gotitas pequeñas pueden evaporarse mientras viajan en el aire sin llegar a alcanzar el objetivo, especialmente si las condiciones son secas y cálidas.

En condiciones normales, las gotas con más de 100 mieras de diámetro pueden perder hasta el 80 por ciento de su peso sin que se afecte el depósito de sus

ingredientes no volátiles.

Cuadro 9:6 INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE LA GOTTA, TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL AIRE EN EL TIEMPO DE EVAPORACION DE GOTAS DE AGUA

Diámetro de la gota (mieras)	Temperatura °C	Humedad R. del aire (%)	Tiempo de evaporación (segundos)
100	20	70	20
100	20	40	9
100	30	70	18
100	30	40	8
100	40	70	17
100	40	40	8
50	20	70	5
50	20	40	2
50	30	40	2

Determinación de la distribución de la aspersión

El estudio de la distribución de las gotas de una aspersora puede hacerse por (a) impresiones directas en papel, (b) impresiones a partir de hojas tratadas, o (c) depósitos fluorescentes. En el primer método se colocan trozos de papel tratados con un producto químico, hematoxilina por ejemplo, que se colorea visiblemente cuando recibe una gotita de aspersión de otro agente químico, cloruro de aluminio, en el caso del ejemplo; también puede emplearse simplemente un tinte o anilina disuelto en agua y papel blanco corriente.

En el segundo método la planta se asperja con un producto químico, digamos ferrocianuro de cobre, que se deposita sobre las hojas; luego los depósitos de las hojas se ponen en contacto con un papel humedecido en un reactivo (ferrocianuro de potasio en este caso) formándose manchas coloreadas en el papel.

En el tercer método las plantas se asperjan con sustancias fluorescentes de las cuales existen varios productos comerciales. Las hojas tratadas son llevadas a un cuarto oscuro y se observan con luz ultravioleta apareciendo los depósitos en forma fluorescente. Este es el método más rápido y más usado en la actualidad; tiene la ventaja adicional de permitir la reproducción de las condiciones reales de las aspersiones pues hay sustancias fluorescentes solubles en agua y otras solubles en aceite, tal como sucede con los insecticidas.

Maquinas aspersoras o pulverizadores

Existe una gran diversidad de máquinas aspersoras diseñadas para trabajar en las

más variadas condiciones de campo. Las aspersoras pueden diferir en tamaño, peso, forma, rendimiento, sistemas de propulsión, sistemas de pulverización, tipos de bombas, volúmenes de descarga, etc.; y pueden agruparse o clasificarse considerando cualquiera de estas características. Pero la diferencia fundamental está dada por el sistema de pulverización del líquido; es decir, por el sistema que se utiliza para que una masa de líquido se convierta en pequeñas gotitas. Se distinguen tres sistemas de pulverización:

- a. Sistema Hidráulico, que consiste en hacer pasar un líquido a presión por un orificio pequeño.
- b. Sistema Neumático, que consiste en dejar caer una pequeña cantidad de líquido en una fuerte corriente de aire,
- c. Sistema Rotatorio, que consiste en dejar caer un poco de líquido sobre un disco o cilindro que gira a gran velocidad.

De acuerdo a estos mecanismos, las aspersoras se dividen en tres tipos fundamentales: aspersoras hidráulicas, aspersoras neumáticas y aspersoras rotatorias. Las dos primeras son las más ampliamente utilizadas en aspersiones terrestres. La primera y la última son utilizadas en las aspersiones aéreas.

Aspersoras hidráulicas y sus partes (Figura 9:4)

Toda aspersora hidráulica está constituida por las siguientes partes esenciales: un recipiente o tanque para contener el líquido insecticida, un mecanismo de bombeo que desarrolla presión en el líquido, y una boquilla donde se produce la pulverización. Componentes accesorios del sistema son las mangueras, filtros, agitadores, cámaras de presión, válvulas, manómetros, llaves de cierre, etc.

El tanque o recipiente:

El recipiente del insecticida varía de acuerdo al tamaño y utilización de la aspersora. Puede ser muy pequeño en las aspersoras manuales de jardines, con capacidad de unos pocos litros, hasta muy grandes en las aspersoras motorizadas de frutales, con capacidad de 2,500 litros o más. El material de construcción puede ser acero inoxidable, bronce, hierro galvanizado, aluminio, fibra de vidrio, diversos materiales plásticos, o madera. Los tanques metálicos suelen estar recubiertos de material anticorrosivo.

El sistema de presión o de bombeo: la presión del líquido puede lograrse por dos mecanismos diferentes: por aire o gas comprimido en el tanque; o más comúnmente, por acción de una bomba hidráulica.

a. *Compresión de aire o gas:* En las aspersoras llamadas de "compresión", "presión previa", o de "bombeo de aire" (equivocadamente referida a veces como

"aspersoras neumáticas"), la presión del líquido se logra por medio de aire o gas comprimido en el tanque; este aire puede provenir de una bomba de pistón, de una compresora, o de una botella a presión. Las presiones que se desarrollan son relativamente bajas, las máximas no sobrepasan las 100 lbs/pulg.2.

b. *Bombeo hidráulico* (Figura 9:5): Una bomba hidráulica genera la presión del líquido. Existen diferentes tipos de bombas que se caracterizan por el grado de presión que desarrollan y la cantidad de líquido que pueden bombear por minuto. A esto último se denomina "capacidad de la bomba". La capacidad de la bomba debe ser por lo menos 15 por ciento mayor que la capacidad de salida del sistema de boquillas. El mantenimiento, limpieza, y reparación deben ser simples y económicos. Los principales tipos de bombas son los siguientes:

Bombas de Pistón: La presión se desarrolla por medio del movimiento recíprocante del pistón dentro del cilindro, alcanzándose presiones muy altas, con máximos de 150 a 800, o más lb/pulg² y con capacidad de bombeo de 8 a 200 o más litros/minuto; son bombas voluminosas, pesadas, costosas pero durables; se adaptan a una gran variedad de usos; se les prefiere en pulverizadoras de frutales por las altas presiones que desarrollan; pueden ser accionadas por su propio motor o por la toma de fuerza del tractor.

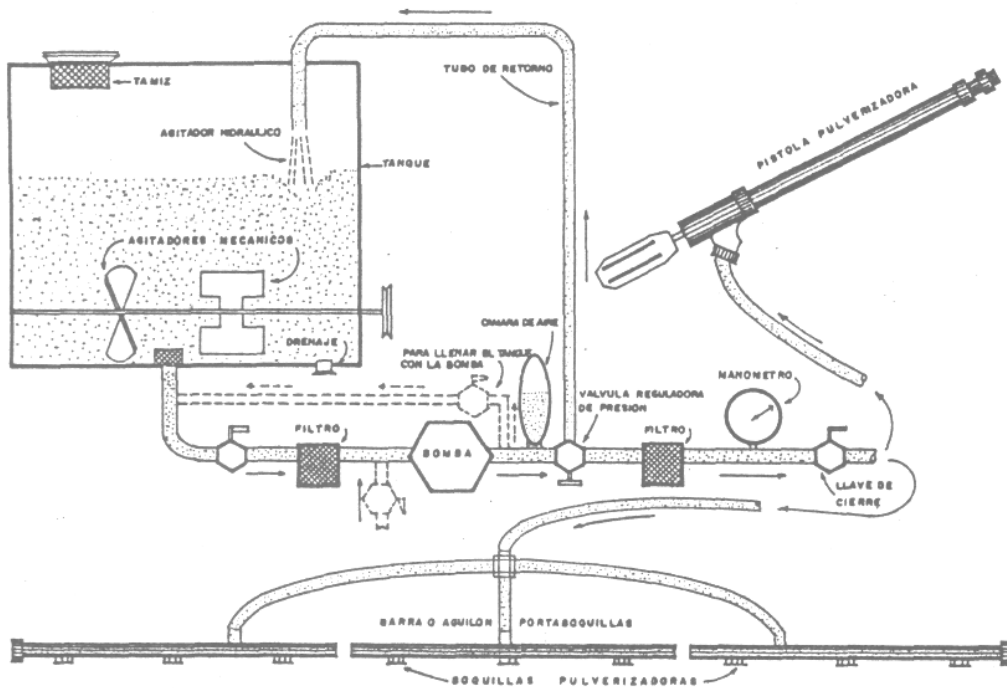


Fig. 9:4 Diagrama de una pulverizadora hidráulica motorizada mostrando los componentes más importantes

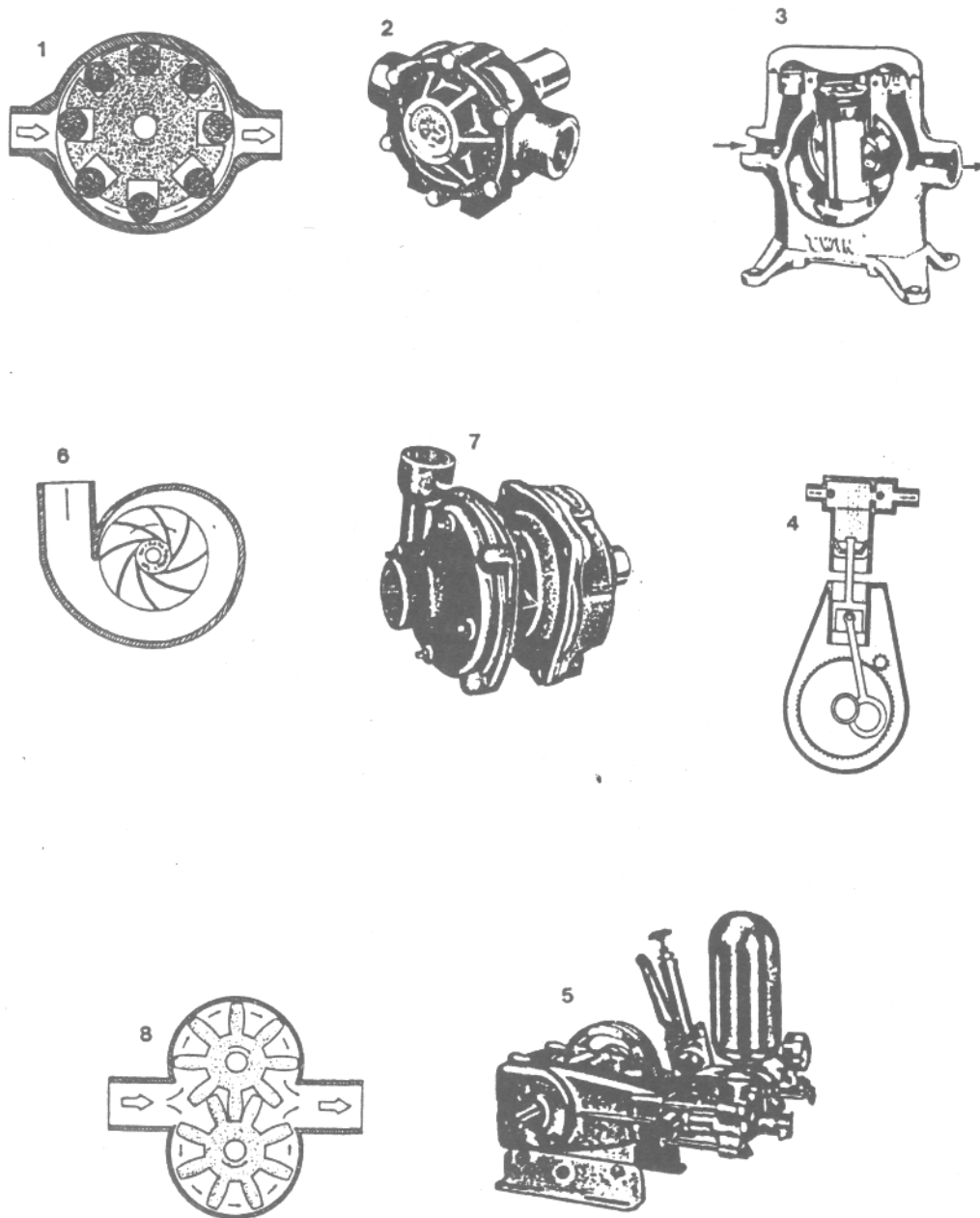


Fig. 9:5. Bombas Hidráulicas

- 1-2 Bomba de rodillos (1: corte seccional; 2: bomba armada)
- 3-5 Bomba de pistón (3: sección de una bomba de pistón liviana; 4: diagrama de corte longitudinal de una bomba de pistón; 5: bomba de pistón pesada)
- 6-7 Bomba centrífuga (6: diagrama del corte seccional de la bomba; 7: bomba centrífuga armada)
- 8 Bomba de engranaje, corte seccional

- **Bombas Rotatorias de Rodillos:** Posiblemente son las más utilizadas; poseen un rotor excéntrico con una serie de rodillos de nylon o de caucho que están alojados transversalmente en canales del rotor; todo dentro de un cilindro. Al girar el rotor, los rodillos, por la fuerza centrífuga, se mantienen en contacto con las paredes del cilindro llevando el líquido. Son bombas pequeñas, simples, livianas que movilizan gran cantidad de líquido (de 30 a 120 lit/min) y desarrollan presiones relativamente altas (de 10 a 300 lb/pulg²). Se recomiendan rodillos de caucho para los productos más abrasivos.
- **Bombas Centrífugas:** Están constituidas por un rotor que gira a gran velocidad dentro de un cilindro. El líquido ingresa por el centro del rotor y es impelido por fuerza centrífuga; son más pequeñas, livianas y simples que la de pistón, capaces de movilizar grandes volúmenes de líquido (de 20 a 400 lit/min.) pero normalmente desarrollan bajas presiones (de 5 a 70 lb/pulg²). Debido a la alta velocidad del rotor estas bombas se desgastan rápidamente bajando su presión de bombeo.
- **Bombas de Aspas Deslizantes:** Funcionan en forma similar a la bomba de rodillos, en donde los rodillos son reemplazados por aspas o paletas deslizantes. Se recomienda solo para líquidos con buenas propiedades lubricantes.
- **Bombas Rotatorias de Impulsor Flexible:** Poseen un rotor-impulsor flexible de neoprene, cuyas aspas se flexionan y extienden al girar el rotor llevando el líquido. Trabaja con todos los productos excepto aquellos altamente abrasivos, generalmente desarrolla presiones inferiores a 50 lb/pulg² y moviliza de 20 a 110 lit/min.
- **Bombas de Diafragma:** Consiste en un cilindro con un diafragma. Por movimientos recíprocos del diafragma se succiona y se expulsa el líquido. Debido a que no hay partes móviles en contacto con el líquido estas bombas son especialmente útiles para líquidos corrosivos, siempre que éstos no deterioren el material del diafragma. En general no desarrollan grandes presiones (de 10 a 100 lb/pulg²) ni movilizan grandes cantidades de líquido (de 10 a 40 lit/min).

Las boquillas o boqueleres (Figura 9:6):

Boquilla es el dispositivo donde se produce la formación de gotitas de la pulverización. Existen diversos modelos que se distinguen por el patrón de aspersión que producen y otras características como el ángulo de aspersión, capacidad de descarga, finura de pulverización y sistema de regulación. Según el patrón de aspersión, se distinguen las boquillas de cono vacío, de cono lleno, y de aspersión plana o de abanico. Otros sistemas de boquillas menos comunes con las boquillas de impacto, las boquillas de aspersión lateral y las boquillas de inundación o "flood jet".

Las boquillas pueden estar localizadas en el extremo de una lanza portaboquillas como en las pulverizadoras manuales de mochila; o estar dispuestas a lo largo de un aguilón o tubo portaboquillas como en las pulverizadoras de tractor para cultivos de surcos; o en pistolas pulverizadoras especiales para huertos.

Boquilla de aspersión cónica vacía. esta boquilla produce una aspersión cónica de

sección circular formada por gotitas bastante finas; son las boquillas más usadas en las aplicaciones de insecticidas y fungicidas; se les atribuye buena cobertura y normalmente trabajan a presiones de 40 a 120 lb/pulg²; y a 30 lb/pulg² si se aplican herbicidas.

Estas boquillas están constituidas por tres partes activas; el disco con el orificio de salida, la cámara de turbulencia y el disco o barra de turbulencia; estas partes se encuentran contenidas entre el cuerpo de la boquilla y el cabezal que se atornilla al cuerpo. Además existen filtros y empaquetaduras.

- *El disco con el orificio de salida* es un disco simple con un orificio central de bronce, acero inoxidable, cerámica o tungsteno carburado. Los discos de bronce son los más baratos pero se desgastan más fácilmente. El diámetro del orificio de salida determina en gran parte la "tasa de descarga" de la boquilla, pero influye poco en el tamaño de las gotitas.

- *El disco o barra de turbulencia* tiene por finalidad provocar la turbulencia o movimiento giratorio del líquido dentro de la boquilla. Para tal efecto el disco presenta perforaciones oblicuas subperiféricas. El disco puede ser reemplazado por una barra que tiene ranuras periféricas helicoidales.

- *La cámara de turbulencia* es el espacio entre el disco con el orificio de salida y el disco de turbulencia; en ese espacio se desarrolla el movimiento giratorio del líquido insecticida. Esta cámara puede estar formada por un anillo independiente, o más comúnmente, estar incluida en la conformación del cabezal. La profundidad de la cámara de turbulencia controla el ángulo de aspersión y en cierto grado la finura de la pulverización.

- Los filtros sirven para evitar la obstrucción del orificio de salida. Se recomiendan filtros de malla 50. En pulverizaciones finas con concentrados emulsionables puede usarse malla 100. La falta de mallas en las boquillas y en las llaves de cierre favorece la continua obstrucción de las boquillas.

- *Boquilla de aspersión cónica llena:* es la modificación de la anterior en la que el disco turbulencia tiene un orificio central adicional. La sección del patrón de aspersión es discoide. Su utilización es muy limitada, produce gotas gruesas y su tasa de descarga es mayor.

- *Boquilla de aspersión plana o de abanico:* la sección del patrón de aspersión es alargada adelgazándose hacia los extremos, lo que permite acomodar varias boquillas una al lado de otra obteniéndose una franja de pulverización uniforme. Estas boquillas carecen de disco o barra de turbulencia; y el cabezal con el orificio de salida presenta una hendidura central profunda. Estas boquillas se usan de preferencia en las aplicaciones de herbicidas a baja presión, generalmente alrededor de 40 lb/pulg². Las gotitas son de tamaño mediano.

Una variación de esta boquilla es la "boquilla de aplicación uniforme" que produce una descarga uniforme a todo lo largo de la sección de aspersión. Se utiliza en aplicaciones en banda donde no se necesita la unión con otras boquillas.

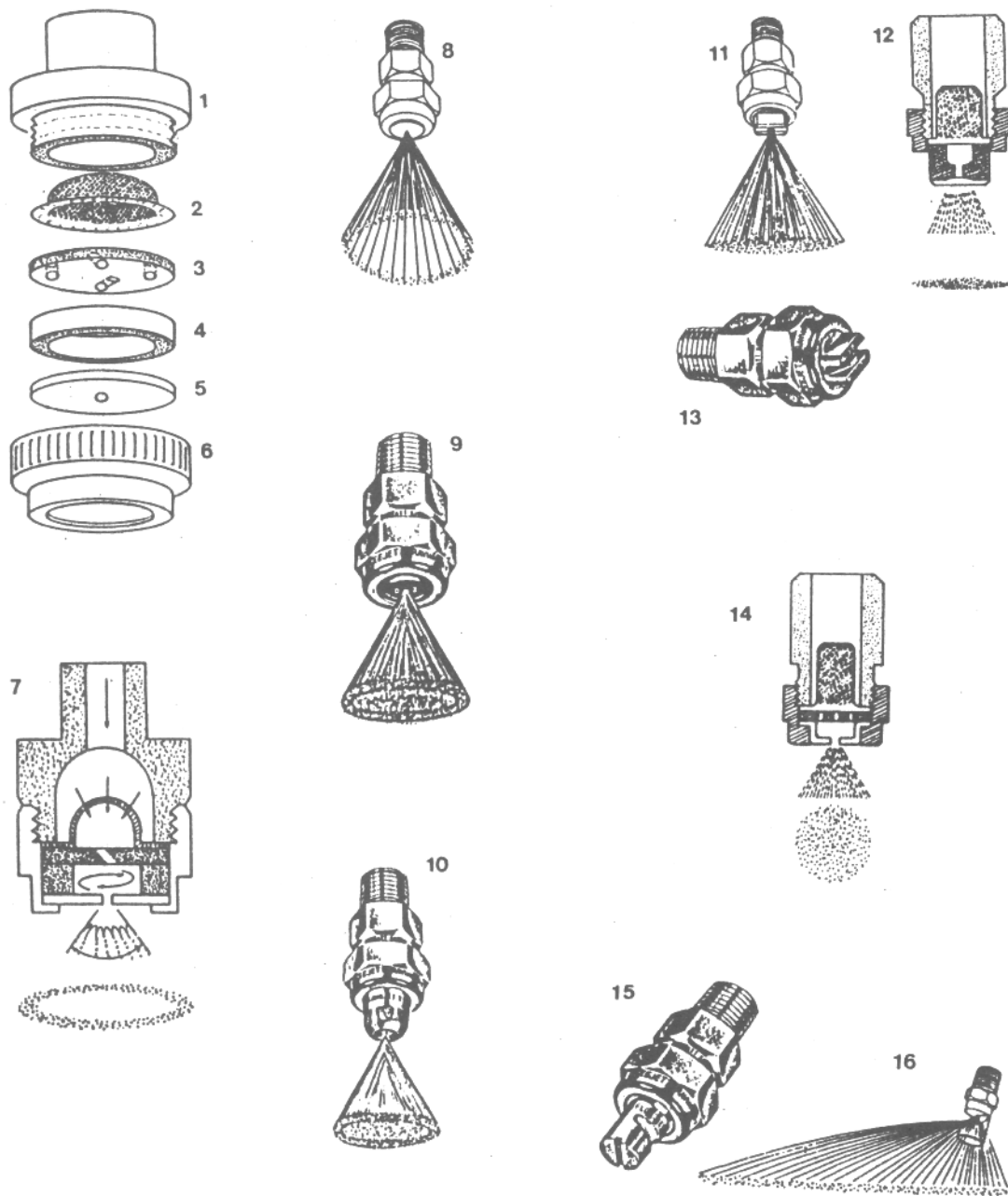


Fig. 9:6 Boquillas Aspersoras

- 1-7 Esquema de una boquilla de cono de aspersión vacío (1: cuerpo de la boquilla; 2: filtro; 3: disco de turbulencia; 4: cámara de turbulencia; disco con orificio de salida; 6: cabezal; 7: boquilla armada)
- 8-10 Boquillas de cono de aspersión vacío
- 11-13 Boquillas de aspersión plana
- 14 Boquilla de cono de aspersión lleno
- 15-16 Boquilla de inundación (aspersión de fertilizantes)

Boquilla plana de inundación: es un dispositivo simple en forma de un pequeño niple con una abertura transversal; por allí sale el líquido en forma de aspersión en abanico con gotas relativamente gruesas y a baja presión (de 5 a 20 lb/pulg²). Se utiliza especialmente para aplicar herbicidas y también fertilizantes líquidos.

Boquilla sin aguilón: dispositivo relacionado al anterior en que un chorro de líquido choca contra una superficie convenientemente inclinada; produce una aspersión en abanico de gran alcance, con gotas finas en la parte central y gotas gruesas en los extremos. La cobertura puede alcanzar hasta 11m. de ancho. Se le usa para aplicar herbicidas en condiciones especiales.

Boquilla regulable para frutales (Figura 9:7): las boquillas para asperjar frutales son del tipo de cono vacío pero de mayor tamaño que las usadas para cultivos de surco. En algunos casos se utiliza dos a cuatro boquillas no regulables en el extremo de una lanza-portaboquillas; pero más comúnmente se utilizan "Pistolas pulverizadoras" que son regulables. Accionando la manija de la parte posterior de la pistola se regula la finura de la pulverización, conjuntamente con el ángulo y el alcance de la aspersión. Con las pulverizaciones más gruesas, el ángulo de aspersión es más cerrado, se obtiene mayor alcance, y se gasta más líquido por minuto.

Boquillas regulables para barras portaboquillas: son boquillas de tipo de cono vacío que pueden ser reguladas mediante el ajuste del cabezal para obtener distintos grados de finura en la aspersión de cultivos de surcos; como en el caso anterior, con la finura de la aspersión se altera el ángulo y la descarga. Siendo una ventaja poder regular la aspersión, la desventaja de estas boquillas es la dificultad para restituir el mismo grado de regulación una vez que el cabezal se ha sacado para limpiar el orificio de salida.

Capacidad de descarga de la boquilla es la cantidad de líquido que pasa por la boquilla en un minuto de aspersión bajo una presión determinada. En general la descarga es proporcional al área del orificio de salida y a la raíz cuadrada de la presión del líquido (Cuadro 9:7).

Algunos fabricantes identifican los orificios de salida con los números 1, 2, 3, etc. para indicar los diámetros de 1/64, 2/64, 3/64, etc. de pulgada. En boquillas para frutales comúnmente se usa el tamaño 8. Spraying Systems Co., la compañía fabricante de boquillas más grande que existe, tiene su propio sistema que señala directamente la descarga de la boquilla en galones por minuto o por hora. Así las boquillas de cono vacío Tee-jet 1/4 T LY 1.5 descarga 1.5 galones por hora y la boquilla 1/4 T LY 26 descarga 26 gal. por hora; las boquillas de aspersión plana 6502 y 8002 descargan 0.2 galones por minuto y las boquillas 6503 y 8003 descargan 0.3 galones por minuto. Los fabricantes de pulverizadoras de mochila suelen identificar el tamaño de las boquillas en forma arbitraria.

El ángulo de aspersión de las boquillas normalmente varía de 60 a 90 grados, comúnmente es 60, 70 y 80°, aunque a veces es mayor en aspersores terrestres para cultivos bajos. En las boquillas para huertos los ángulos generalmente son más cerrados. El ángulo de aspersión en la mayoría de las boquillas se reduce con la reducción de la presión en el rango de 50 a 75 lb/pulg². Presiones mayores normalmente no tienen mayor efecto en el ángulo de aspersión y presiones menores

de 20 lb/pulg² generalmente no son suficiente para producir una buena pulverización.

Las boquillas planas Tee-jet están codificadas para indicar el ángulo de aspersión y la descarga a la presión normal de 40 lb/pulg²; así la boquilla 8004 señala un ángulo de aspersión de 80° (indicado por los dos primeros dígitos) y una descarga de 0.4 galones por minuto (indicado por los dos últimos dígitos), la boquilla 65015 produce un ángulo de 65° y descarga 0.15 gal/min.

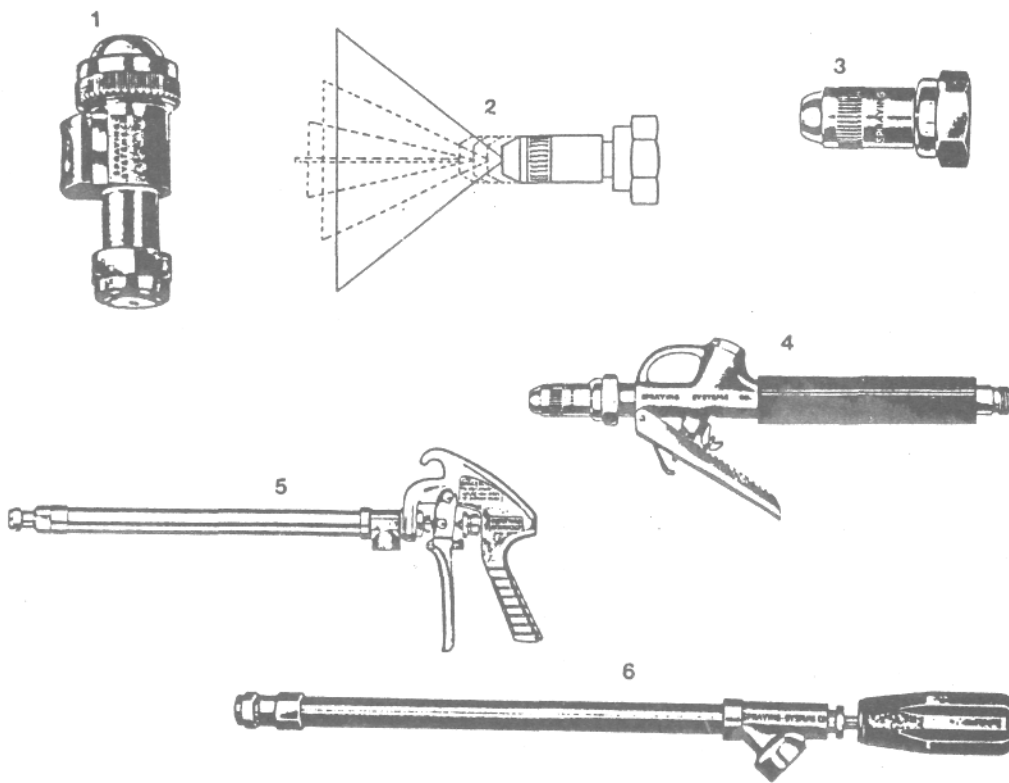


Fig. 9:7 Boquillas de aspersión regulable

- 1 Boquilla con cierre de diafragma para aviones
- 2-3 Boquilla regulable para lanza portaboquillas
- 4-6 Boquillas regulables para frutales y otros propósitos

Cuadro 9:7 INFLUENCIA DEL DIÁMETRO DEL ORIFICIO DE SALIDA Y DE LA PRESION EN LA DESCARGA Y ANGULO DE ASPERSIÓN DE UNA BOQUILLA TEE-JET DE TIPO DE DISCO Y CONO VACIO (Tomado de Spraying System Co. Agricultural Spray Nozzle Manual).

Boquilla	Diámetro del Orificio de salida en pulg.	Presión en lb/pulg ²	Descarga galones por minuto	Ángulo de aspersión
1/4 TT. DI-25*	0.031	30	0.088	22°
		40	0.101	27°
		60	0.122	38°
		100	0.156	46°
		200	0.210	50°
		400	0.290	51°
1/4 TT. D2-25	0.041	30	0.14	46°
		40	0.16	51°
		60	0.19	56°
		100	0.25	60°
		200	0.34	61°
		400	0.46	60°
1/4 TT. D4-25	0.063	30	0.25	72°
		40	0.29	74°
		60	0.35	78°
		100	0.45	81°
		200	0.62	82°
		400	0.86	81°
1/4 TT. D8-25	0.125	30	0.53	94°
		40	0.61	96°
		60	0.75	97°
		100	0.97	97°
		200	1.36	96°
		400	1.94	95°

* En donde: DI: orificio del disco de salida
25: disco de turbulencia

Accesorios de las máquinas aspersoras

Según su complejidad las máquinas aspersoras presentan los siguientes elementos accesorios:

Agitadores del tanque: los agitadores tienen la finalidad de mantener el caldo insecticida mezclado uniformemente. Los polvos mojables requieren más agitación que los concentrados emulsionables o las formulaciones solubles. La agitación puede ser mecánica o hidráulica. Los agitadores mecánicos son paletas que se desplazan o giran dentro del líquido. El agitador hidráulico es un chorro del mismo caldo insecticida que es desviado de regreso al tanque cuando se acciona la bomba. La agitación mecánica es más eficiente que la agitación hidráulica.

Filtros: los filtros tienen por objeto evitar que cuerpos extraños obturen las boquillas. Existen filtros de llenado al tanque, de succión del tanque a la bomba, filtros de tubería, filtros anteriores a las llaves de cierre y filtros de boquilla. Para suspensiones se recomiendan filtros de malla N° 50 a menos; para concentrados emulsionables puede usarse malla N° 100. Los filtros deben limpiarse con frecuencia usando cepillos de cerda.

Válvulas: las válvulas de las aspersoras pueden ser de dos tipos. Las "válvulas de cierre unidireccional" que permiten el paso de líquido en una sola dirección y las "válvulas reguladoras" en las que el líquido puede pasar solamente después de haber desarrollado cierta presión. Las válvulas reguladoras se encuentran sólo en las aspersoras motorizadas.

Manómetros: los manómetros son artefactos que miden la presión del líquido, (o del aire en las aspersoras de compresión,) dentro del sistema de tubos y se encuentran sobre todo en las aspersoras motorizadas.

Cámara de aire o de compensación: son pequeños recipientes en forma de botellas invertidas presentes en las aspersoras con bomba a pistón; la cámara se encuentra llena de aire que se comprime con la presión del líquido y sirve para neutralizar el efecto de las pulsaciones que produce el pistón al tiempo que mantiene una presión uniforme durante la aspersión.

Tipos de aspersoras hidráulicas

Las aspersoras hidráulicas pueden ser manuales o motorizadas. Las aspersoras manuales poseen una bomba de pistón, (hidráulica o de aire), o de diafragma que es accionada manualmente por el operador; son aspersoras de rendimiento limitado que se utilizan para cultivos bajos, en propiedades pequeñas y medianas; en aplicaciones de "desmanche" de focos de infestación, y en lugares donde no pueden entrar tractores. Pertenecen a este grupo las "aspersoras de mochila" y las "aspersoras de compresión de aire"; también están incluidas las aspersoras de

trombón, las de cubeta y las de doble acción manual.

Las aspersoras motorizadas son de mayor capacidad que las manuales y la bomba es accionada por un motor; que puede ser el del tractor, mediante la toma de fuerza, o un motor propio. La capacidad y otras características de estas aspersoras son muy variables.

Los principales tipos de aspersoras hidráulicas son las siguientes (Figura 9:8):

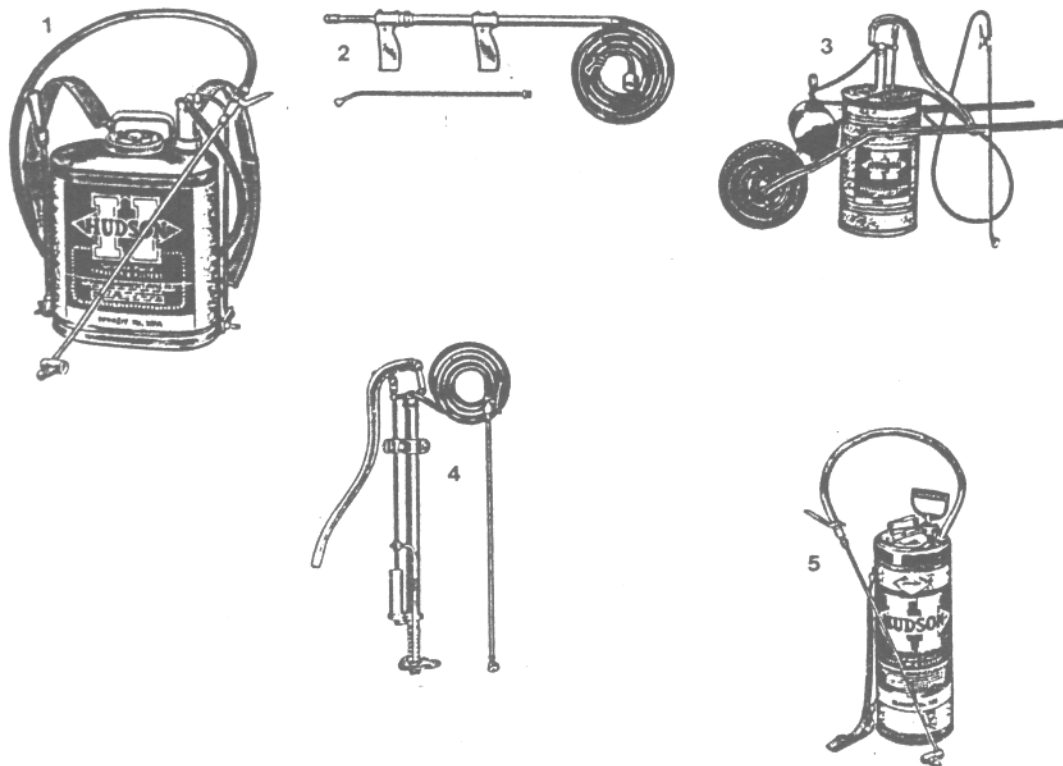


Fig. 9:8 Aspersoras Hidráulicas Manuales

- 1 Aspersoras Manual de Mochila
- 2 Aspersora de Trombón para frutales pequeños
- 3 Aspersora de carretilla con sistema de compresión previa
- 4 Aspersora Manual para cubeta o cilindro (frutales)
- 5 Aspersora de compresión previa

Aspersoras de mochila

Es la aspersora más popular, se lleva a la espalda y está provista de una bomba hidráulica de pistón o de diafragma que se acciona mediante una palanca durante la plicación; posee un agitador y una cámara de compensación y desarrolla presiones relativamente altas. Normalmente se usa en aspersiones en alto volumen, de 500 a 1,000 litros/ha en cultivos de surco, siendo un inconveniente el frecuente llenado del

tanque cuya capacidad varía de 15 a 30 litros. Con boquillas de bajo volumen se aplica de 60 a 120 lit/ha.

Las aspersoras de mochila son muy versátiles. Se les recomienda para propiedades pequeñas o para lugares donde el acceso de aspersoras motorizadas resulta difícil. En extensiones medianas y cuando la disponibilidad de mano de obra lo permite, pueden utilizarse cuadrillas de operadores. Con la adición de un tubo extensor a la lanza portaboquilla es factible tratar arbustos y pequeños árboles. En general son máquinas bastante simples y duraderas pero su operación es muy agotadora.

En años recientes se han desarrollado aspersoras de mochila cuya bomba, de pistón o de diafragma, es accionada por un pequeño motor. Se pueden usar para tratar arbustos medianos.

Aspersora de compresión de aire o de presión previa

Consiste en un tanque cilíndrico provisto de una bomba para comprimir aire hasta unas 50 lb/pulg² de presión. El tanque no debe llenarse más de los 2/3 de su capacidad a fin de dejar espacio para comprimir el aire. Durante la aplicación la aspersora se lleva colgada al hombro y el operador puede concentrar su atención en la aplicación pues no es necesario accionar la bomba mientras asperja. No posee un sistema de agitación por lo que no es recomendable para polvos mojables salvo que se trate de una suspensión muy estable.

Estas aspersoras son adecuadas para jardines o huertos pequeños; su mantenimiento se limita al cuidado de las empaquetaduras para evitar pérdidas de presión o de líquido.

Otras aspersoras manuales

Otros tipos de aspersoras manuales poco utilizadas en nuestro medio son: La *Aspersora de Trombón* que es accionada por una sola persona; la *Aspersora de Cubeta* que se opera con dos personas, una acciona la bomba y la otra dirige la pistola pulverizadora; y la *Aspersora de Doble Acción* que es accionada por tres personas, dos accionan la bomba y una dirige la pistola pulverizadora. Todas estas máquinas se utilizan para asperjar árboles bajos y arbustos en huertos pequeños.

Aspersora Motorizada de Tractor (Figura 9:9)

Estas máquinas se usan en las aspersiones de cultivos bajos de surco y van montadas en un tractor. La bomba es accionada por la toma de tuerza del tractor o por su propio motor; desarrollan presiones relativamente bajas, no mayores de 150 a 200 lb/pulg². Para aplicar herbicidas se utiliza una presión de alrededor de 40 lb/pulg², con boquillas de aspersión plana y descarga de 40 a 80 lit/ha. Para insecticidas se utilizan boquillas de cono vacío, con presiones normales de 75 a 125 lb/pulg² y descargas de hasta 800 lit/ha. Las boquillas van colocadas en un aguilón o barra horizontal portaboquillas que normalmente está colocada detrás del tractor; su

ubicación en la parte delantera permite un mejor control de la aplicación pero expone al operador a la neblina de insecticida. El aguilón puede ser de una sola sección o de tres secciones, siendo las dos extremas plegadizas. En el aguilón se puede colocar tubos verticales con boquillas laterales para la aspersión de los lados de las plantas. Estos tubos deben tener uniones flexibles que cedan al tropezar con las ramas u otros objetos. Los tanques normalmente están constituidos por uno o dos bidones o cilindros comunes de 200 litros de capacidad. Cuando los cilindros están colocados lateralmente y sólo uno se encuentra lleno, el tractor puede perder fácilmente su estabilidad.

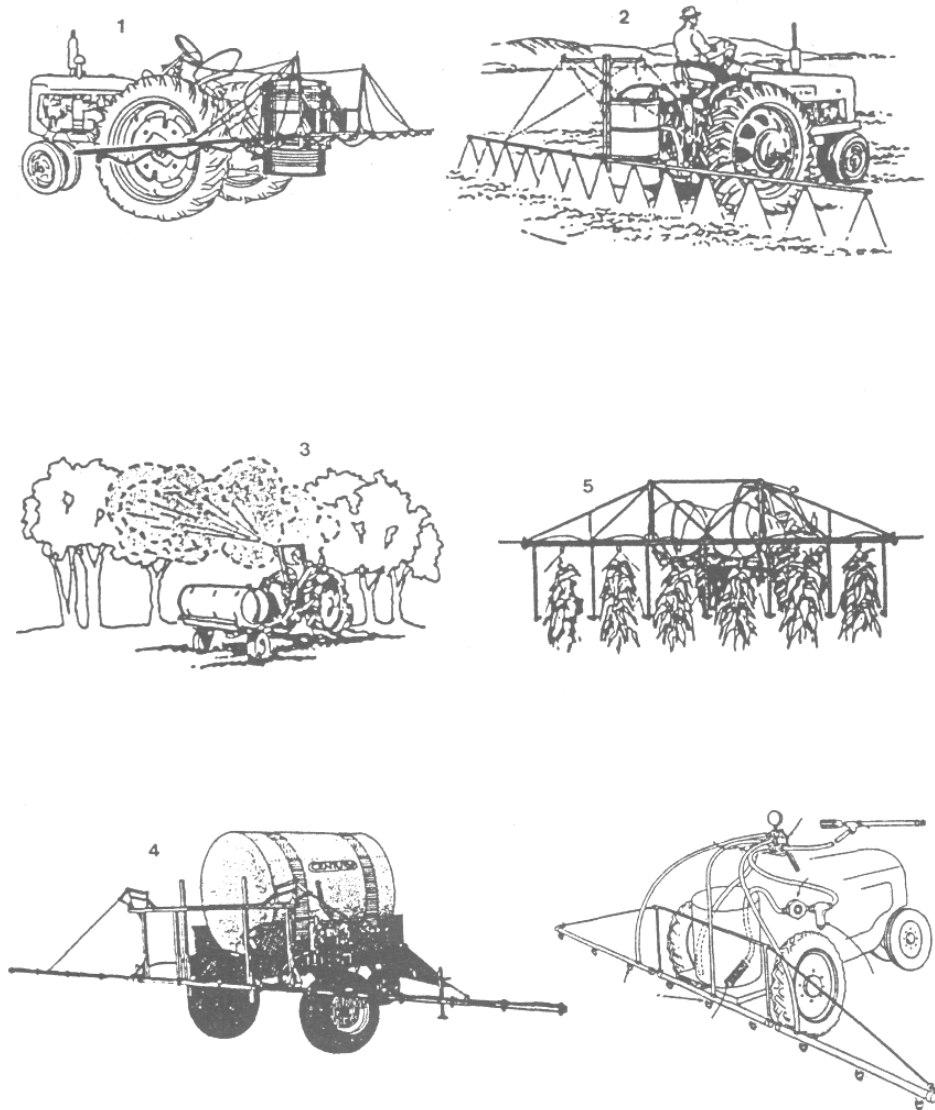


Fig. 9:9 Motoaspersoras para Tractor

- 1-2 Motoaspersoras montadas en tractor para tratamientos de surco
- 3 Motoaspersoras para frutales enganchada al tractor
- 4 Motoaspersora para surcos con enganche al tractor
- 5 Motoaspersora de alto despeje

Aspersora motorizada de Alto Despeje

Esta aspersora va montada en un chasis alto y tiene su propia autopropulsión; de manera que puede pasar sobre cultivos relativamente altos como el algodón, el maíz o el tabaco sin causar mayores daños. Para proteger las ramas de las plantas se colocan faldones metálicos delante de las ruedas. Son máquinas más costosas que las aspersoras de tractor.

Aspersoras motorizadas para frutales (Figura 9:10)

Son aspersoras típicamente de "alta presión", que trabajan normalmente sobre 200 lb/pulg² y llegan a desarrollar hasta 800 a 1,000 lib/pulg de presión; todo el sistema normalmente está montado sobre un chasis con ruedas. Existen diversos modelos que varían en capacidad de la bomba y en tamaño del tanque. Las aspersoras más pequeñas son de tracción manual o de tipo "parihuela", éstas últimas sin ruedas ni tanque y que pueden ser cargadas por dos personas; las medianas son de tracción animal o humana a modo de carretillas; y las más grandes son tiradas por un tractor, del que normalmente se utiliza la toma de fuerza. Los tanques suelen ser de hierro con cobertura plástica anticorrosiva o de fibra de vidrio. Para mantener homogéneas las suspensiones de polvos mojables y las emulsiones de aceites agrícolas se recomienda agitadores mecánicos de 150 a 200 r.p. por minuto.

Las aplicaciones pueden efectuarse con pistolas pulverizadoras provistas de dos o más boquillas terminales, o con aguiones verticales con numerosas boquillas oscilantes. El orificio de las boquillas suele variar de 6/64 a 20/64, usándose con frecuencia el tamaño 8/64; los orificios menores no descargan suficiente cantidad de líquido y los mayores descargan tanto que la manipulación de la pistola o la lanza resulta difícil. La boquilla 20/64 descarga alrededor de 180 litros por minuto a una presión de 600 lb/pulg², las mangueras suelen medir 20 ó 25 metros perdiéndose 3 libras de presión por cada metro de manguera de 1/2 pulgada de diámetro interno.

Las bombas con capacidad de 50 a 60 galones por minuto son apropiadas para huertos medianos a grandes. Estas bombas permiten accionar simultáneamente tres pistolas aspersoras, dos desde el suelo y una desde una torre que se eleve un metro sobre la copa de los árboles (Riehl, 1961).

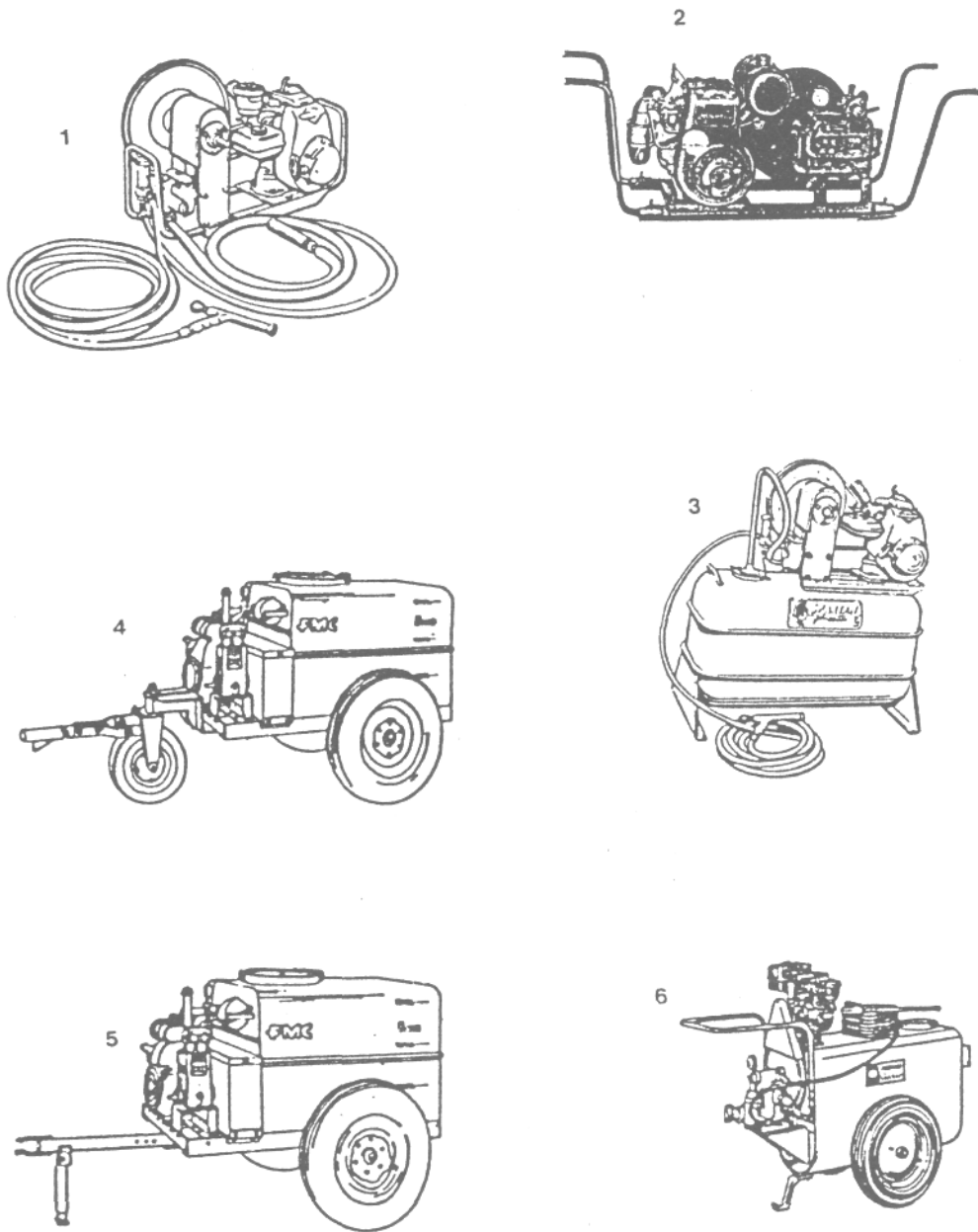


Fig. 9:10 Motoaspersoras para Frutales

1	Unidad de aspersión
2	Motoaspersora de parihuela (sin tanque)
3	Motoaspersora sobre patines
4-5	Motoaspersoras de enganche para tractor
6	Motoaspersora de carretilla

Calibración de las aspersoras hidráulicas

La calibración de una aspersora hidráulica consiste en determinar y/o regular su tasa de descarga bajo condiciones establecidas de tipo y número de boquillas, presión y velocidad de desplazamiento. La tasa de descarga o volumen de aspersión normalmente se expresa en litros por hectárea. Cuando se trata de un equipo recién adquirido, una vez que se ha familiarizado con las instrucciones del manual, se procede a ensayar el funcionamiento con agua y seguidamente a su calibración.

El volumen o tasa de descarga de una aspersora depende de la capacidad de descarga de las boquillas, número de boquillas por surco, distancia entre surcos, presión de aspersión y velocidad de desplazamiento de la máquina aspersora.

La tasa de descarga de la boquilla es el primer factor a considerar en la regulación y está relacionada con el tamaño del orificio de salida. Este aspecto se ha tratado al describir la boquilla en acápite anteriores.

Número y distanciamiento entre boquillas (Figura 9:11). En las aspersoras de tractor, la distancia entre las boquillas del aguilón está en relación con el ancho del surco. El número de boquillas por surco está determinado por el tamaño de las plantas. Plantitas de hasta unos 25 cm. de altura requieren de una sola boquilla; plantas medianas de 25 a 40 cm. requieren dos boquillas laterales; plantas grandes, de más de 50 cm., tres boquillas, una desde arriba y dos laterales. Cuando se aplica herbicidas se trata de obtener una cobertura uniforme con boquillas planas dispuestas una al lado de otras.

La presión de aspersión debe estar dentro del rango que produce una buena pulverización; ni excesiva que produzca una pulverización demasiado fina, ni deficiente que no llegue a pulverizar el líquido satisfactoriamente. En aspersoras de tractor, por lo general, oscila entre 40 y 100 lb/pulg². Las presiones bajas se utilizan con boquillas planas en las aspersiones de herbicidas y las altas en las aplicaciones de insecticidas con boquillas de aspersión cónica. En general la descarga es proporcional a la raíz cuadrada de la presión del líquido por lo que su influencia en el volumen es relativamente menor; para duplicar el volumen de la aspersión se requiere cuadruplicar la presión.

Velocidad de la máquina aspersora. El volumen de descarga por unidad de superficie es proporcionalmente inversa a la velocidad de desplazamiento de la aspersora. Si se duplica la velocidad se reduce a la mitad la cantidad de líquido que se aplica. Las aspersoras de tractor se desplazan de 3 a 16 km. p.h.; normalmente entre 4 y 10 km. p.h. La velocidad de desplazamiento de una aspersora de mochila al paso normal del operador es alrededor de 2 km. p.h.

Una vez seleccionado el tipo de boquilla y su disposición en la barra portaboquillas, el ajuste de la descarga se hace regulando la velocidad de desplazamiento de la aspersora y, en menor grado, con la presión. Cualquier cambio en el volumen fuera del alcance de estos reajustes requerirá el cambio de las boquillas por otras de descarga apropiada (Cuadro 9:8).

Procedimiento de la calibración

La descarga por hectárea de una aspersora se calcula midiendo el gasto de líquido en una distancia conocida, digamos 50 ó 100 metros, repitiendo la operación tres o cuatro veces para sacar un promedio. El número de litros descargados en el área de prueba (distancia recorrida por ancho de aplicación) se refiere luego a litros por hectárea de la siguiente manera:

$$\frac{\text{gasto de agua (en lit.)} \times 10,000}{\text{área aplicada en m}^2} = \text{lt/ha.}$$

Ejemplo:

distancia recorrida: 100 m.

cobertura del aguilón portaboquillas
(ancho de la aspersión): 6 m.

área asperjada: $100 \times 6 = 600 \text{ m}^2$

volumen descargado por las 12
boquillas del aguilón: 18 litros

Litros por hectárea:

$$\frac{18 \times 10,000}{600} = 300 \text{ lt.}$$

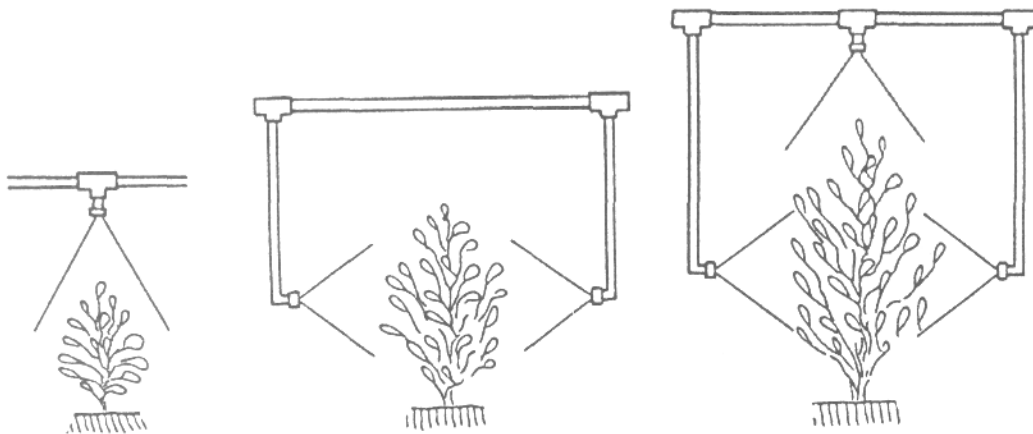


Fig. 9:11 Disposición de las boquillas pulverizadoras en un aguilón portaboquillas según el tamaño de las plantas

El gasto de líquido puede determinarse de dos maneras:

- Midiendo la diferencia de líquido en el tanque antes y después de la prueba o sea la cantidad de líquido que se requiere para restituir el nivel inicial en el tanque, y
- Recogiendo el líquido que sale de las boquillas en botellas, baldes, bolsas de

plástico u otros recipientes. Este sistema no sólo permite la medida directa del líquido asperjado sino que permite comparar la uniformidad en la descarga entre boquillas. Para facilitar este trabajo pueden utilizarse bolsas de plástico o recipientes calibrados profesamente. Para calibrar las pistolas pulverizadoras de frutales se mide la cantidad de líquido y el tiempo que se requiere para mojar un grupo de árboles de manera uniforme, hasta el inicio del escurrimiento, luego se calcula el gasto por planta o por área. En la práctica se puede controlar el volumen por planta controlando el tiempo que se invierte en asperjar cada árbol.

Ejecución de las aspersiones hidráulicas

A fin de que las aspersiones se realicen en forma eficiente es necesario tener en cuenta consideraciones previas a la aspersión y durante la ejecución de la aplicación.

Cuadro 9:8 INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD DE DESCARGA DE LA BOQUILLA, LA PRESION DE APLICACIÓN Y LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DE LA ASPERSORA EN EL VOLUMEN DE ASPERSIÓN CUANDO SE US AN BOQUILLAS TEE-JET DE ASPERSION PL ANA DISTANCIADAS 76 cm. ENTRE SIENBARRAS PORTABOQUILLAS

Boquilla en lb/	Presión gal. por pulg ²	Descarga en min/boq	Velocidad de asperjadora en km p.h.				
			3.2	4.8	6.4	8.0	12.0
			(lits. Por ha.)				
8002 ó	20	0.14	131	87	65	52	35
6502	30	0.17	161	107	80	64	43
	40	0.20	785	123	93	74	50
8004 ó	20	0.28	262	175	131	105	70
6504	30	0.35	318	215	161	128	86
	40	0.40	374	243	185	148	99
8010	20	0.70	654	439	327	262	178
	30	0.86	804	533	402	318	215
	40	1.00	925	617	467	434	243
	60	1.22	1131	757	570	458	299

Consideraciones previas

El equipo de aplicación debe prepararse con anterioridad suficiente, probando que se encuentre en buen estado de funcionamiento. De esa manera se evitan demoras costosas y tediosas durante la aplicación al tratar de reparar el equipo que funciona deficientemente.

Debe disponerse de agua limpia, libre de partículas en suspensión que obturan los filtros y las boquillas y sin partículas de arena que causan desgaste en las bombas y en las boquillas. Los depósitos de agua deben estar ubicados en las cercanías del

área de trabajo para reducir el tiempo que se invierte en llenar el tanque de la aspersora. En huertos de frutales es conveniente disponer de un depósito de agua en alto, de gran capacidad, con un tubo de salida de gran diámetro que permita llenar el tanque de la aspersora en pocos minutos.

Las aplicaciones deben estar a cargo de personal eficiente que conozca los objetivos de la operación, la forma precisa en que debe efectuarse, y las medidas de seguridad que deben observarse. En las •aspersiones de frutales, el planeamiento incluye la forma en que los operarios deben avanzar de un árbol a otro evitando que se enreden las mangueras. Los operadores deben estar enterados también de las instrucciones que deben seguirse al producirse un accidente.

Dilución del insecticida

Para lograr óptimos resultados se aconseja hacer una mezcla previa del concentrado insecticida (emulsionable o polvo mojable) en un poco de agua. Una vez homogenizada la mezcla, se agrega al tanque que debe estar parcialmente lleno y con el sistema de agitación en funcionamiento. Luego se completa la cantidad de agua.

Si se trata de mezclar concentrados emulsionables con polvos mojables primero debe diluirse en el tanque el polvo mojable y luego el concentrado emulsionable. Si se hace la mezcla previa en un poco de agua se sigue el mismo criterio.

Distancia de la boquilla a la planta

En las aspersiones de cultivos bajos, las boquillas deben mantenerse a una distancia de 15 a 25 cm. del follaje. En las aspersoras a tractor el aguilón portaboquillas se coloca según la altura promedio de las plantas; utilizando una, dos o tres boquillas por surco de acuerdo al tamaño de la planta como se indicó anteriormente. Cuando se presentan vientos relativamente fuertes es necesario bajar el aguilón tanto como sea posible a fin de reducir el arrastre de las gotas.

En las aspersiones de frutales las boquillas se colocan a la distancia necesaria para cubrir una buena área y no causar daño mecánico al follaje con la fuerza de la aspersión, pero lo suficientemente cerca para no provocar mucho arrastre de las gotitas por el viento. El alcance de la aspersión varía con la regulación de la pistola pulverizadora, con la abertura del orificio de salida y la presión. El mayor alcance se logra con las gotas más grandes y el ángulo de aspersión más cerrado. Una vez lograda una pulverización óptima, el incremento de la presión hace más fina la pulverización pero no le da mayor alcance.

Grado de Cobertura

En general se considera que una aspersión es eficiente cuando cubre integralmente la superficie de la planta. Desde el punto de vista práctico el mayor o menor grado de cobertura que se requiere está relacionado con el tipo de plaga, la planta y de

producto insecticida. Una aplicación deficiente puede obligar a un nuevo tratamiento, irrogando mayores gastos y creando riesgos de toxicidad a las plantas.

- *Influencia del tipo de plaga:* Como norma general se considera que los insectos que comen las hojas y que tienen gran movilidad, entran fácilmente en contacto con los depósitos de insecticidas aun cuando el grado de cobertura no sea total. Por el contrario, los insectos pequeños con poca o ninguna movilidad, o que se ubican en lugares poco accesibles, como las cochinillas harinosas, las moscas blancas, las queresas o las arañitas rojas, requieren una cobertura uniforme y completa de la planta, de manera que el insecticida les llegue en el momento de la aplicación. En estos casos es preferible las aplicaciones de alto volumen. Iguales consideraciones deben tenerse para los insectos perforadores de frutos y tallos cuya exposición a los insecticidas, antes que el insecto penetre al órgano que ataca, es breve y en una pequeña área.

- *Influencia del tipo de planta:* La densidad del follaje, forma y tamaño de las hojas, y el tamaño de la planta pueden dificultar la penetración de la aspersión hacia las partes interiores de la planta. Las boquillas deben estar dispuestas de tal manera que faciliten la penetración de las gotitas. Las plantas de hojas grandes y decumbentes como las cucurbitáceas presentan grandes dificultades. En casos difíciles conviene las aspersiones finas ayudadas con cierta turbulencia del aire; o mejor aún, pulverizaciones neumáticas o espolvorees.

Las plantas con superficies cerosas como la cebolla o la col, son muy difíciles de mojar; en tales casos se recomienda adicionar algún mojante-adherente que facilite el depósito del insecticida.

A veces es necesario tener en cuenta aspectos fisiológicos de las plantas. En el algodón por ejemplo, las flores están abiertas durante el día y cerradas desde el atardecer a la madrugada; de manera que las aspersiones en el día puedan penetrar al interior de las flores donde se ocultan algunos insectos como el picudo. En cambio las aplicaciones muy tempranas o muy tardías (generalmente espolvorees) no los alcanzan directamente y los individuos que permanecen en las flores por un tiempo relativamente largo, no llegan a ser afectados en forma completa.

- *Influencia del tipo de insecticida y su formulación:* Los insecticidas de corto poder residual requieren una distribución más uniforme y completa que los insecticidas de largo poder residual, sean estomacales o de contacto. Los insecticidas sistémicos suelen ser absorbidos suficientemente bien en condiciones que podrían resultar totalmente inadecuadas para otros insecticidas por deficiencias en la cobertura, salvo que se quiera conseguir también el efecto de contacto que tienen algunos de estos productos. Por supuesto que una mayor cobertura mejora la absorción del insecticida sistémico. Los polvos mojables normalmente no son recomendables en aplicaciones de bajo volumen pues tienden a obturar los orificios muy finos de las boquillas de bajo volumen.

Condiciones adicionales

En lo posible, las aplicaciones deben hacerse contra el viento o en sentido transversal de manera que el operador no se vea expuesto al arrastre de su propia aplicación. Durante la aplicación la velocidad de desplazamiento debe mantenerse uniforme ya que las aceleraciones pueden producir depósitos insuficientes, y la disminución de la velocidad, sobredosis, que pueden resultar fitotóxicas. Las cabeceras del campo no deben dejarse de aplicar ni ser sobreaplicadas a fin de evitar fuentes de reinfestación o casos de fitotoxicidad, respectivamente.

Las aspersiones normalmente son mejores en condiciones de vientos moderados y cuando el follaje está seco. En estas condiciones las gotas de insecticida se adhieren mejor, sobre todo después de secarse. No deben asperjarse plantas que se encuentran húmedas. Algunos insecticidas o preparados pueden provocar quemaduras cuando se aplican bajo insolación fuerte.

Aspersoras neumáticas o nebulizadoras

Las aspersoras neumáticas constan de dos sistemas: el sistema de alimentación del caldo insecticida y el sistema que genera la corriente de aire. El primero está constituido por el tanque o recipiente y el mecanismo de alimentación propiamente dicho que puede ser por gravedad, por vacío parcial, o por presión hidráulica. La corriente de aire puede ser generada por un ventilador, un compresor, o un tanque con aire o gas comprimido.

La pulverización se produce cuando cierta cantidad de líquido choca con una fuerte corriente de aire. En el caso de las aspersoras hidráulico-neumáticas se produce una pulverización hidráulica dentro de una corriente de aire. Las gotitas formadas en las aspersiones neumáticas son llevadas por la corriente de aire que arroja la máquina, no por la energía de las propias gotitas como en el caso de las aspersiones hidráulicas. Esto permite reducir el tamaño de las gotas y lograr mayor alcance en la aspersión. La reducción del tamaño de las gotas y su dispersión más difusa por el aire hacen posible la reducción del volumen de aplicación del caldo insecticida. Aunque también hay máquinas neumáticas que permiten aplicaciones de altos volúmenes como en las aspersiones hidráulicas.

Comparadas con las aspersiones hidráulicas, las neumáticas permiten ahorro de agua, se hacen dos o tres veces más rápidamente, y se ahorra insecticida hasta en un 25 por ciento en vista que no hay escurrimiento. La principal desventaja está en el alto costo del equipo; además cuando se trata de árboles muy grandes con follaje denso, como cítricos, olivos, o mangos, es difícil lograr una cobertura completa.

Tipos de aspersoras neumáticas

A.- Según las características de las corrientes de aire, se distinguen tres tipos de aspersoras neumáticas:

Aspersoras de chorro de aire de alta velocidad (Air-Jet sprayer). En estas aspersoras el aire normalmente proviene de un compresor o de un tanque de gas comprimido. El aire, a gran velocidad, pasa por un tubo de salida relativamente delgado en el cual

desemboca un tubo capilar que está en contacto con el líquido. El chorro de aire, al pasar por el tubo de salida, produce un vacío en el tubo capilar que succiona el líquido insecticida. El líquido succionado es pulverizado por el chorro de aire que pasa por el tubo de salida. Se produce una pulverización buena, muy fina, pudiendo llegar a ser del tipo aerosol; pero la delgadez del tubo capilar limita la descarga de la aspersora e imposibilita el uso de los polvos mojables que pueden obturar su salida. Por estas limitaciones estas aspersoras no se usan en agricultura. Un ejemplo de este tipo son las pulverizadoras de pinturas y de jardines que trabajan con un pequeño compresor de aire.

Aspersoras de corriente de aire (Air-blast or mist-sprayer) (Figura 9:12). En estas aspersoras el aire proviene de un ventilador y es conducido a través de un tubo relativamente grueso. En este tubo desemboca el tubo conductor del insecticida, el que normalmente cae por gravedad.

El tubo para el paso del insecticida es suficientemente grueso para evitar obstrucciones cuando se usan polvos mojables, pero la aspersión resulta un tanto desuniforme. Este es el método de pulverización de las aspersoras neumáticas portátiles o pulverizadoras de mochila a motor (Figura 9:10).

Aspersoras hidráulico-neumáticas (Blower-sprayers) (Figura 9:13). En estas aspersoras se produce primero la pulverización del líquido insecticida por medio de boquillas hidráulicas dentro de una cámara o ducto amplio por donde pasa la corriente de aire que ha de llevar las gotitas de la aspersión hacia las plantas. El grado de pulverización depende principalmente de la aspersión hidráulica; es decir, de las características de la boquilla, que generalmente es del tipo de aspersión de cono vacío, y de la presión del sistema. Los ventiladores son de dos tipos: los ventiladores axiales que mueven grandes volúmenes de aire de baja velocidad; y los ventiladores centrífugos que mueven menos cantidad de aire pero a mayor velocidad. Las boquillas hidráulicas en los sistemas hidráulico-neumáticos han sido reemplazadas por aspersoras rotatorias en algunos equipos modernos.

B.- Según el volumen y la velocidad del aire que producen, las aspersoras neumáticas se pueden clasificar en las siguientes categorías:

-De bajo volumen y alta velocidad de aire: (menos de 5,000 pies p.min. y velocidades sobre 225 km p.h.); tienen ventiladores centrífugos con tubos flexibles de salida de 10 a 15 cm. de diámetro. Se les usa principalmente en árboles de sombra y huertos pequeños.

-De medio volumen y media velocidad de aire: (de 5,000 a 25,000 pies³ p.min. y velocidad de 120 a 225 km. por hora).

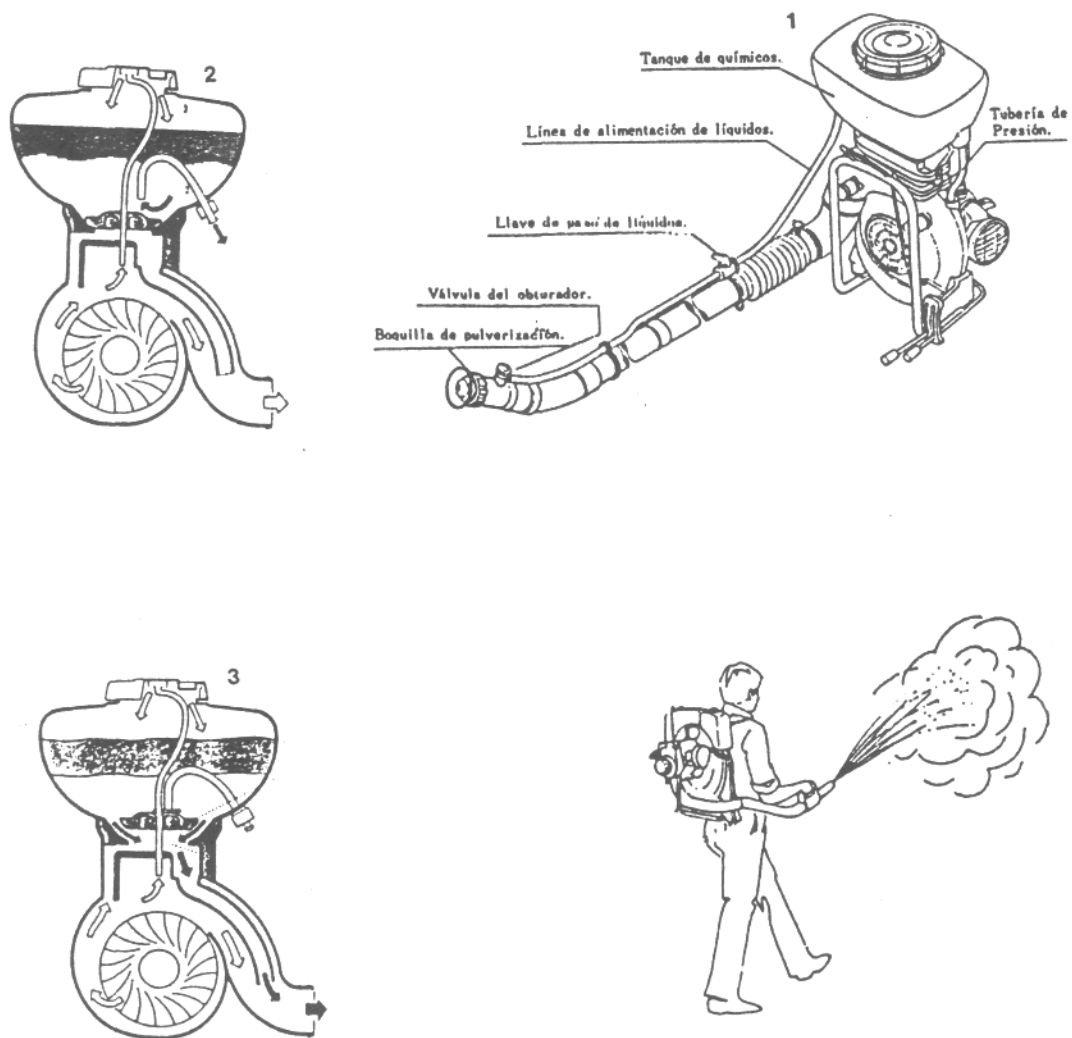


Fig. 9:12 Motonebulizadoras de Mochila

1 Partes de una Motonebulizadora

2-3 Motonebulizadora/espolvoreadora (2. esquema de la posición del sistema para aplicar líquidos; 3. posición del sistema para aplicar polvos y granulados).

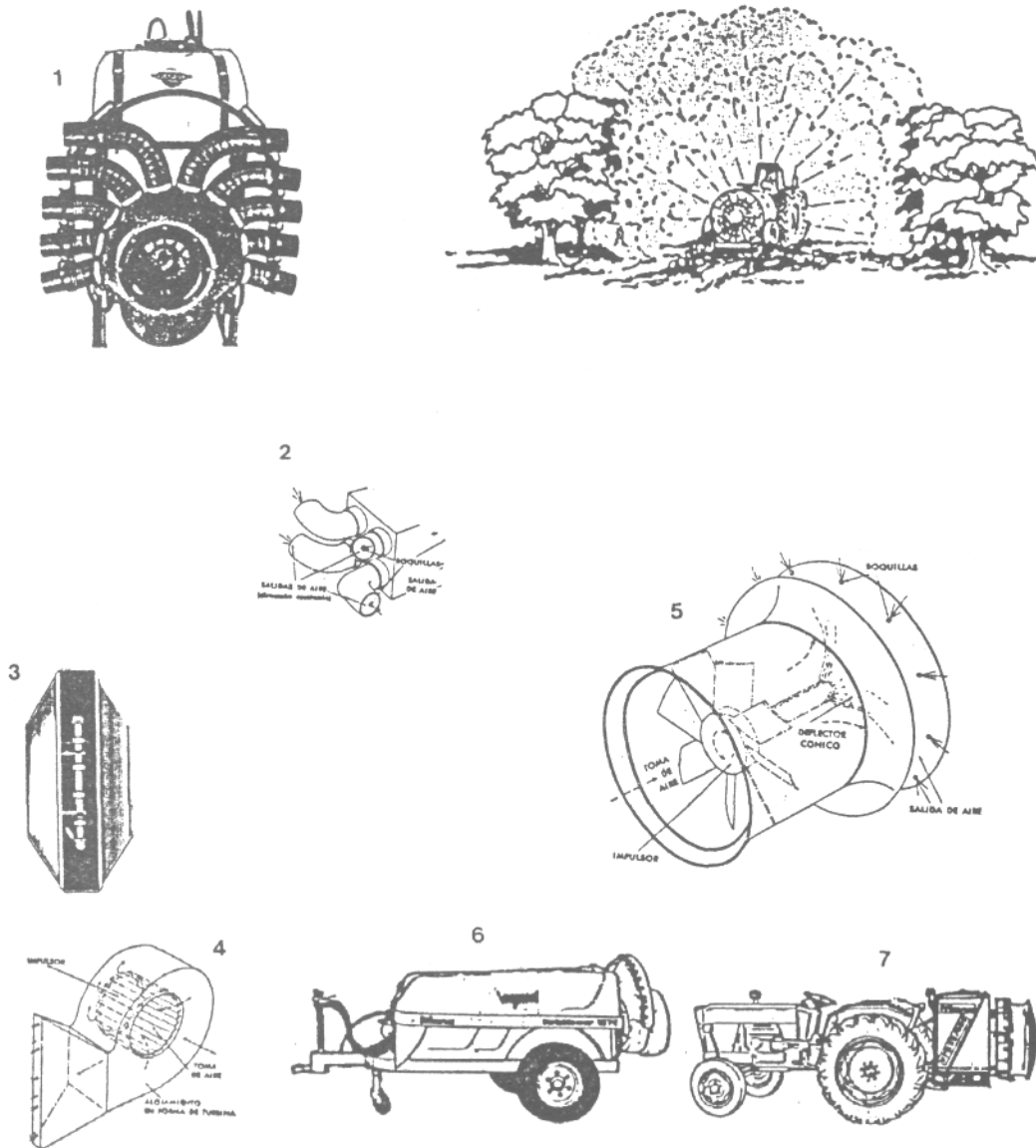


Fig. 9:13 Nebulizadoras hidrauli-neumáticas

- 1-2 Nebulizadora con boqueras de dirección regulable
- 3-4 Nebulizadora con salida unidireccional
- 5-7 Nebulizadora omnidireccional

-De alto volumen y baja velocidad de aire: (sobre 25,000 pies³ p.min. y velocidad menores de 180 km. p.h.); poseen ventiladores axiales o centrífugos; la descarga de la aspersión generalmente se realiza a través de aberturas alargadas que pueden cubrir parte o toda la circunferencia de la máquina. Las aberturas de descarga parciales deben terminar en toberas en forma de "cola de pez". Son las máquinas más usadas en huertos grandes de los países industrializados.

Calibración de las aspersoras neumáticas

La calibración de las aspersoras neumáticas se hace empíricamente determinando la cantidad de líquido que se gasta en un recorrido dado, a cierta velocidad. Si al inspeccionar las hojas se determina que la distribución de la aspersión es satisfactoria se establece la velocidad a la que debe ir la máquina. Debido a que en estas aspersiones el volumen de aplicación normalmente es reducido, el control de los factores que afectan el volumen particularmente la velocidad de desplazamiento de la máquina, debe controlarse con mucho cuidado. El aire retenido entre hojas de las plantas debe ser expulsado y reemplazado por el aire que moviliza la máquina aspersora. Si el desplazamiento de la máquina es muy rápido no se logra este objetivo.

Ejecución de las aspersiones neumáticas

Las aspersiones neumáticas pueden hacerse bajo dos modalidades: las aspersiones directas y las aspersiones por arrastre.

En las *aspersiones directas* con aspersoras hidrauli-neumáticas la aspersión se hace por hilera de árboles cubriendo primero la mitad de los árboles que dan a la máquina (o las mitades de ambas hileras, si la aspersora es ambidireccional) y de regreso se cubre la otra mitad. En aplicaciones de bajo volumen la aspersora debe estar un tanto distante de la planta a fin de permitir una buena distribución del líquido y evitar al mismo tiempo quemaduras de las hojas cercanas a las boquillas. La eficiencia de la aplicación consiste en reemplazar el aire que rodea el follaje con el aire de la aspersión. La velocidad de marcha de la máquina normalmente es de 3 a 4.5 km. p.h. La dirección y velocidad del viento pueden alterar la distribución y depósito de la pulverización. Como regla general, las gotitas deben ser llevadas suavemente entre el follaje. Si el viento formado es muy fuerte, o las plantas están muy cerca a la aspersora, los insecticidas pueden traspasar el área que se desea tratar llevados por el viento sin que lleguen a depositarse.

En las *aspersiones por "arrastre"*, la salida de la aspersora debe estar en posición vertical para lanzar las gotas de aspersión al viento tan alto como sea posible, de manera que sea el viento que las lleve y deposite sobre el objetivo. En esta posición se considera que hay poca variación en el ancho de la franja de aplicación cuando los vientos varían de 3 a 30 km.p.h.

Concentración de las diluciones

Según las características de las máquinas y los volúmenes de líquido que movilizan, las aspersiones neumáticas pueden ser diluidas, semiconcentradas y concentradas.

En las *aspersiones diluidas* se utilizan concentraciones y volúmenes similares a los de las aspersiones hidráulicas. No es el método más usado.

En las *aspersiones semiconcentradas*, se aplica de 1/3 a 1/4 del volumen de la

aplicación diluida y las concentraciones son dobles, triples o cuádruples.

Para estos dos tipos de aspersiones las aspersoras poseen un sistema hidráulico con bomba centrífuga de poca presión, generalmente menos de 100 lb/pulg², y de gran descarga, de 50 a 200 galones p. minuto; normalmente están provistas de numerosas boquillas, hasta 100, cuyo tamaño y número se gradúan de acuerdo a las necesidades de aspersión.

Las *aspersiones concentradas* en que se aplica de 1/8 a 1/10 del volumen de las aspersiones diluidas, se realizan con aspersoras cuyo sistema hidráulico operan con bombas de pintón de alta presión, hasta 500 lb/pulg², y de bajo volumen de descarga, de 5 a 20 galones p. min.; normalmente tienen un número menor de boquillas y producen una aspersión más fina. Las concentraciones varían proporcionalmente a la reducción del volumen de aplicación.

Aspersoras rotatorias

(Figura 9:14)

En las aspersoras rotatorias el líquido cae sobre un disco, copa, o cilindro de malla que gira a alta velocidad. El tamaño de la gota varía con la densidad y tensión superficial del líquido, la velocidad angular de rotación, el tamaño y las características de la superficie y de los bordes del disco. El disco o cilindro puede girar accionado por un eje o puede estar provisto de aspas que giran por una corriente de aire. La ventaja de este sistema es que el tamaño de la gota es bastante uniforme y puede regularse con la velocidad del disco; además permite el uso de polvos mojables en volúmenes bastante bajos.

Los atomizadores rotatorios del modelo "Micronair" se utilizan en las aspersiones aéreas de ultra-bajo volumen obteniéndose una distribución más uniforme que cuando se emplea el sistema de boquillas hidráulicas.

Para aplicaciones terrestres de ultra-bajo volumen se han diseñado aspersoras rotatorias portátiles muy livianas. Los modelos Micron Ulva y Micron Herbi, constan de un disco de material plástico que gira accionado por un motorcito eléctrico. La fuerza eléctrica para el sistema proviene de un grupo de pilas secas comunes contenidas en la barra de sostén. El recipiente de insecticida es una botella de plástico con un litro de capacidad. También hay aspersoras rotatorias montadas en carretilla accionadas con un pequeño motor de explosión.

Mantenimiento de las aspersoras

Para dar una vida prolongada a las máquinas aspersoras, es necesario tener en cuenta algunas medidas de mantenimiento. En general las aspersoras requieren más cuidado que las espolvoreadoras porque son máquinas más complejas y usan caldos insecticidas que normalmente son corrosivos.

Al terminar el día de trabajo el caldo insecticida debe ser drenado y la aspersora, incluyendo las mangueras, enjuagada con agua limpia. El agua se elimina luego

haciendo funcionar la bomba por unos pocos minutos sin agua. En el Perú, salvo en la cordillera, no hay problemas con noches frías congelantes; pero de ocurrir, hay que considerar que si se deja agua dentro de la aspersora, su congelamiento producirá daños graves al equipo.

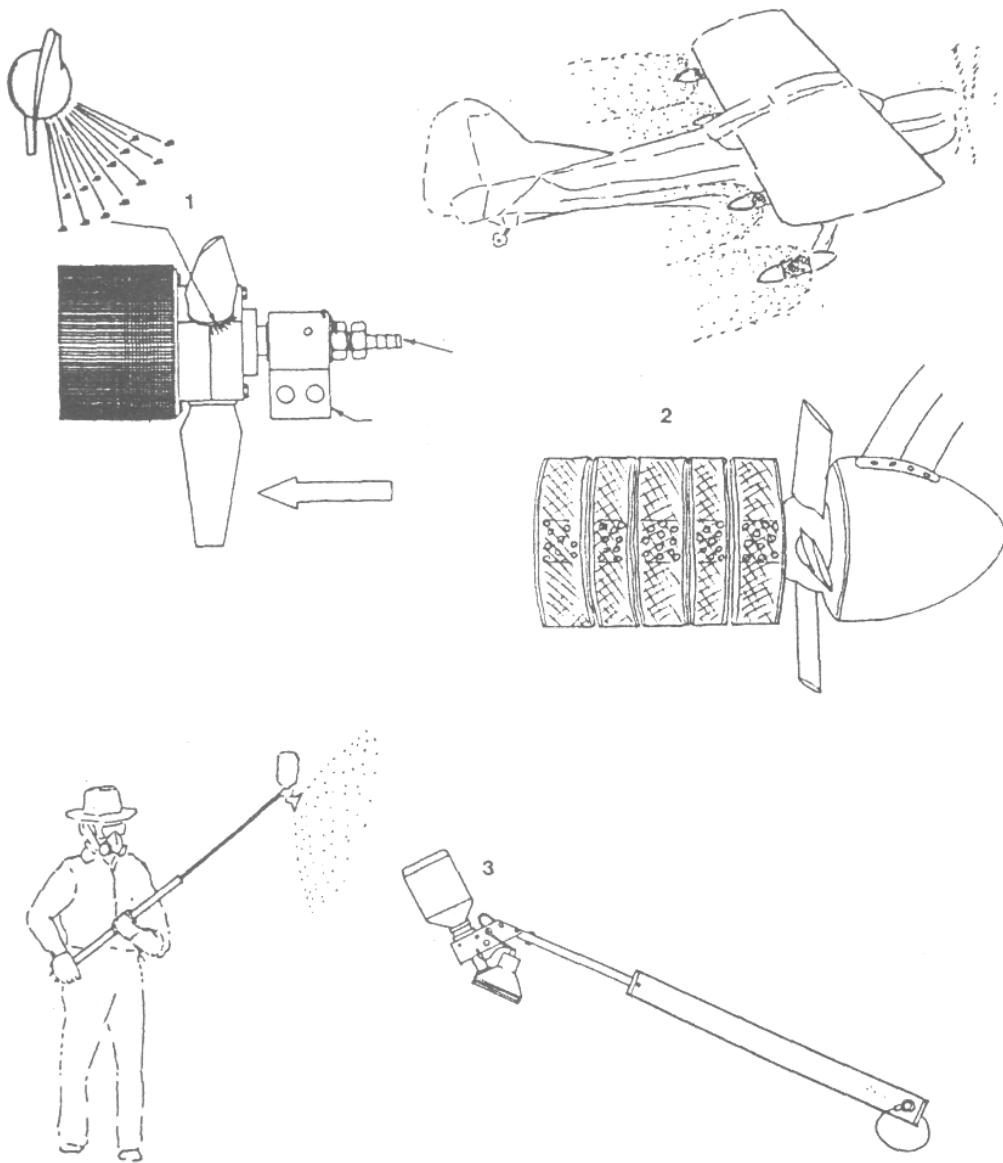


Fig. 9:14 Aspersoras Rotatorias

- 1-2 Aspersoras rotatorias para ser montadas en aviones (el ángulo de la hélice regula la velocidad de rotación)
- 3 Aspersora rotatoria de uso individual (rotación producida por un motorcito eléctrico a pilas).

Para evitar la obstrucción de los filtros y boquillas, el agua que se utiliza en los caldos insecticidas debe ser siempre tamizada. Las boquillas y los filtros deben quitarse periódicamente y limpiarse con un cepillo. Las empaquetaduras deben chequearse y mantenerse en buen estado para evitar pérdidas de líquido y de presión. Al comenzar cada día de trabajo todas las piezas movibles deben ser aceitadas.

Si se ha usado algún herbicida, la máquina debe ser lavada con una solución cáustica tibia y esta solución debe ser bombeada a través de todo el sistema por cierto tiempo. Es preferible tener un equipo dedicado exclusivamente para la aplicación de herbicidas, sobre todo si se aplica 2.4-D que es muy difícil de eliminar. Para eliminar 2.4-D y sus similares debe emplearse detergente y el método de amoníaco recomendado por los fabricantes. Los herbicidas a base de triazinas se eliminan más fácilmente con abundante agua.

Si se trata de un equipo de uso estacional, al finalizar la estación, los tanques, bombas y mangueras deben ser lavadas haciendo circular una solución cáustica y luego enjuagadas con agua. Si se va a mantener el equipo sin uso por un tiempo prolongado, el aceite de los motores debe ser drenado y cambiado por aceite nuevo; las piezas pequeñas se limpian y almacenan en petróleo, las partes estructurales deben ser desmontadas, limpiadas y pintadas. La maquinaria debe almacenarse en lugar seco protegido del clima.

Los espolvorees

El espolvoreo consiste en la distribución del insecticida en forma de polvo fino mediante el uso de máquinas espolvoreadoras. Los insecticidas que se usan en espolvorees normalmente se adquieren en forma de polvos diluidos listos para su aplicación, bajo la formulación denominada "polvos secos" (P). La aplicación de polvos resulta conveniente en condiciones de ausencia o poca disponibilidad de agua; pero en general son menos usados que las pulverizaciones; tienen las ventajas de cubrir en forma rápida áreas relativamente grandes utilizando equipo liviano; pero sus depósitos sobre las plantas suelen ser menos eficientes que en las pulverizaciones, y las aplicaciones están supeditadas a las condiciones ambientales, particularmente a la ausencia de viento para evitar el arrastre de los polvos.

Distribución de las partículas de polvos

La distribución de las partículas de polvo se hace mediante una corriente de aire. Por su pequeño tamaño, generalmente menores de 40 micras de diámetro, las partículas de polvo están a merced de los más ligeros movimientos de aire, en la misma forma en que se indicó para las pequeñas gotitas de las aspersiones neumáticas. Así mismo, el mecanismo de depósito de las partículas de polvo es similar al indicado para las gotitas finas. Estas características favorece una mejor penetración de los polvos al interior del follaje de las plantas en comparación con las aspersiones hidráulicas, pero aumenta también los peligros de arrastre por el viento.

Eficiencia de los depósitos

La eficiencia de los polvos, medida como depósitos sobre la planta, normalmente es muy baja; en general se considera que sólo 20 por ciento del polvo aplicado es retenido por la planta, aunque esta cifra puede variar ampliamente según las características del polvo, la superficie de la planta y las condiciones ambientales durante la aplicación. Los depósitos de los polvos pueden ser lavados más fácilmente, lo que podría considerarse una ventaja si se trata de eliminar residuos de aplicaciones cercanas a la cosecha.

La eficiencia del depósito está influenciada por el tamaño y forma de la partícula, y su carga electrostática. En la década de 1960 se inventaron dispositivos para cargar electrostáticamente las partículas de polvos, con el propósito de facilitar su depósito y adherencia sobre las plantas, pero los resultados no han sido consistentes; parece que las cargas se pierden rápidamente cuando la humedad atmosférica es alta.

Con la finalidad de reducir el arrastre y la pérdida de las partículas de polvo por el viento se ha ensayado la colocación de una lona a la salida del polvo de manera que las plantas quedan cubiertas en el momento del espolvoreo, pero esta práctica no se ha extendido; posiblemente por los daños que la lona puede causar al ser arrastrada sobre las plantas. Una manera práctica de lograr mejor adherencia de los polvos es aprovechar la humedad del follaje, el rocío, o la ligera llovizna, para efectuar las aplicaciones.

Máquinas espolvoreadoras

Las máquinas espolvoreadoras están constituidas fundamentalmente por: (a) un recipiente para los polvos o tolva; (b) un sistema generador de corriente de aire, ventilador o fuelle; y (c) un sistema de tubos conductores que terminan en boquillas de salidas o toberas. Complementando el sistema existe un dispositivo agitador de los polvos y un dispositivo regulador de descarga o de alimentación del polvo.

La *tolva*, según la capacidad y uso del espolvoreador, varía en su tamaño, forma y material de construcción. La capacidad de la tolva varía de 1/2 kg. o menos en los espolvoreadores manuales a más de 100 kg. en los espolvoreadores motorizados.

El *mecanismo generador de corriente de aire* puede ser: de émbolo o pistón, de fuelle, y de molinete o ventilador. Los dos primeros producen corriente de aire intermitente y el último, corriente de aire continuo. El mecanismo propulsor puede ser manual para cualquiera de los tres tipos. Además, el ventilador puede ser accionado por conexiones al movimiento de las ruedas como en las máquinas espolvoreadoras de tracción; por la toma de fuerza del tractor, o por su propio motor. En todos estos casos se trata de un molinete o ventilador centrífugo.

Los *tubos de salida* del polvo suelen ser total o parcialmente flexibles y terminan en una boquilla o tobera aplanada, en forma de cola de pez, o en otra forma. Las boquillas tienen por fin controlar la dirección y distribución del polvo.

El *sistema de agitación del polvo* es variable según los modelos y tamaños de las espolvoreadoras y tienen por fin mantener la fluidez del polvo para lograr una

descarga uniforme. El agitador puede ser mecánico, un dispositivo que se desplaza o gira dentro de la tolva; o neumático, mediante el desvío de parte del aire del ventilador hacia la tolva.

El *sistema de alimentación* o control de descarga puede ser una simple abertura regulable provista de un agitador para favorecer la caída del polvo, un cepillo rotatorio o conductor helicoidal, o por succión del aire que pasa a alta velocidad. La descarga del polvo de la tolva puede hacerse hacia la corriente de aire o a la caja del mismo ventilador o fuelle.

Tipos de espolvoreadores

(Figura 9:15 y 9:16)

Según su tamaño y uso, los espolvoreadores pueden clasificarse en los siguientes tipos:

Espolvoreadores manuales de émbolo o pistón:

Son simples, pequeños constituidos por un pequeño recipiente para polvo y un cilindro en el cual se desplaza un émbolo. El émbolo es de acción manual que produce la corriente de aire necesaria para el espolvoreo. Estos espolvoreadores son de uso casero y pueden emplearse sólo en jardines pequeños.

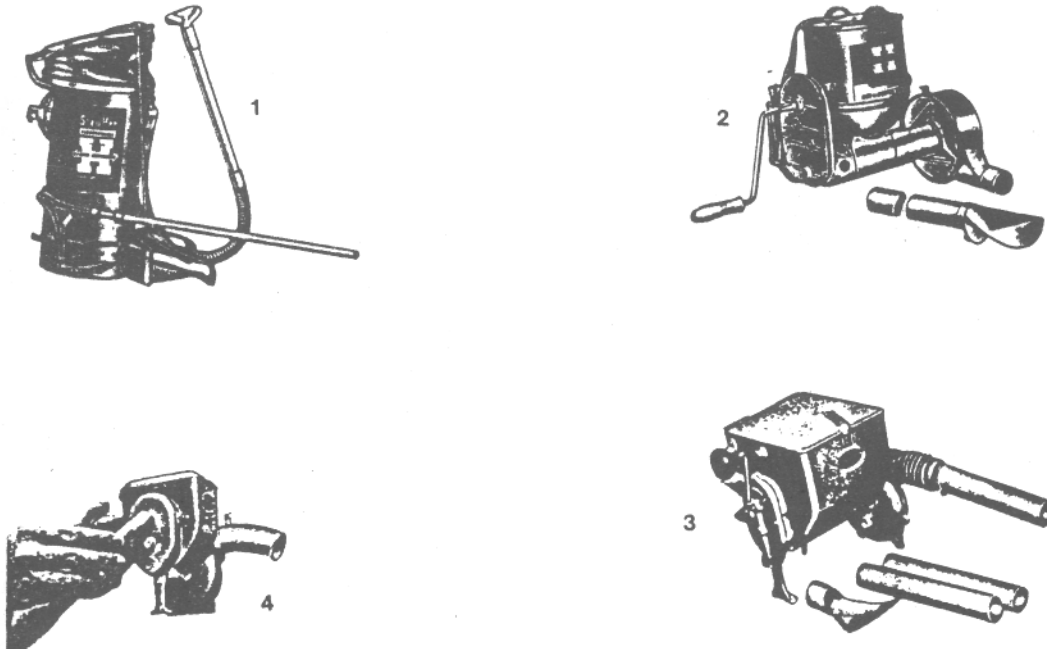


Fig. 9:15 Espolvoreadoras Manuales

- 1 Espolvoreadora de fuelle (Se lleva a la espalda)
- 2-3 Espolvoreadora de molinete (Se lleva al pecho)
- 4 Espolvoreadora pequeña de mano

Espolvoreadores de fuelle:

En estos espolvoreadores el aire es generado por un fuelle y la alimentación del polvo puede ser hacia dentro del fuelle o a la salida del aire. Los modelos más pequeños se operan sostenidos entre las manos; los más grandes se llevan a la espalda. El fuelle, de cuero o plástico, requiere cuidado para evitar su deterioro. Estos espolvoreadores son útiles en aplicaciones localizadas y fueron populares entre los pequeños agricultores en Europa.

Espolvoreadores manuales de molinete o ventilador:

Son básicamente de dos tipos: aquellos sostenidos a la altura del pecho mediante tirantes a los hombros con capacidad de 5 kg. de polvo; y los de mochila sostenidos a la espalda con mayor capacidad, 12 kg. de polvo. En ambos casos se les acciona mediante una manivela con engranajes de multiplicación. La alimentación del polvo puede hacerse a través de la caja del ventilador o en la comente del aire. El tubo de salida puede ser simple o de doble boquilla para dirigir el polvo simultáneamente a dos surcos. A diferencia de los espolvoreadores de fuelle, en que el polvo sale a bocanadas, aquí el polvo sale en forma continua. Son los espolvoreadores más conocidos en nuestro medio, en general muy útiles para extensiones medianas o para cultivos en lugares poco accesibles. Existen modelos pequeños, de mano, para uso en jardines.

Espolvoreadores de tracción:

El molinete está accionado por conexiones con el movimiento de las ruedas sobre las que está montado el espolvoreador. Pueden ser de diferentes tamaños según la tracción; de carretilla tirados o empujados por una persona, de tracción animal, o de tracción a tractor. Son de mayor capacidad que los anteriores y están provistas de varias boquillas, generalmente de 4 a 8. La mayoría de estas máquinas están diseñadas para espolvorear cultivos de surco, relativamente extensos. Son muy raros en estos tiempos.

Espolvoreadores con la toma de fuerza del tractor

Estas máquinas pueden estar directamente acopladas al tractor o estar montadas en un chasis independiente; normalmente son más grandes que las de tracción y cubren mayores áreas en menos tiempo.

Espolvoreadores motorizados

(Figura 9:16)

Estas máquinas tienen la ventaja de disponer de una fuerza uniforme independiente de la velocidad a que se desplaza. Hay varios tamaños de estas máquinas, desde las portátiles llevadas a la espalda (tipo mochila) hasta las de autopropulsión,

pasando por aquellas montadas en tractores y otros vehículos. En general son máquinas más complicadas que pueden llegar a tener hasta 18 boquillas de salida que cubren hasta 12 m. de ancho. Las máquinas dispuestas con boquillas de salida en aguilón o barra sirven para cultivos de surco. Algunas máquinas permiten reemplazar el aguilón por un tubo de salida mucho más grande provisto de una boquilla que permite su uso en espolvoreos de arrastre. El arreglo de las boquillas también pueden ser radial para espolvorear hileras de árboles. Los espolvoreadores grandes permiten aplicar grandes áreas de manera rápida siempre que ellas sean accesibles. De los espolvoreadores motorizados, el más conocido es el modelo de mochila a motor, que no es más que una pulverizadora de mochila a motor con su adaptación para espolvoreos.

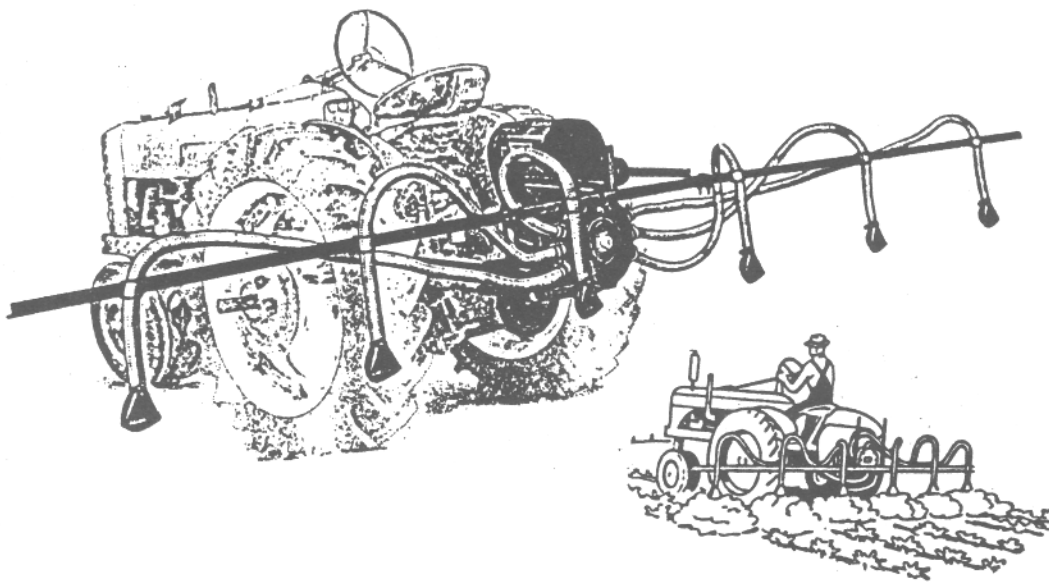


Fig. 9:16 **Espolvoreadora de Tractor**

Calibración y ejecución de los espolvoreos

La calibración de los espolvoreos debe hacerse con el mismo polvo insecticida, pues existen grandes diferencias en la fluidez de los polvos comerciales. Debido a estas diferencias una misma calibración de la máquina produce diferentes descargas de polvo.

Los espolvoreos deben realizarse en ausencia de vientos fuertes y de movimientos de convección del aire, escogiendo las horas tempranas de la mañana o, por el contrario, al atardecer. La humedad del follaje, el rocío o la ligera llovizna, favorecen la adherencia de los polvos. En general los días nublados y sin viento son apropiados para los espolvoreos.

El espolvoreo con máquinas terrestres puede orientarse en dos formas: (a) espolvoreo directo y (b) espolvoreo por arrastre.

En el *espolvoreo directo* la boquilla o tobera se dirige hacia la planta. La colocación de las boquillas varía con las características de la planta y las condiciones del viento. En plantas de follaje regular y en condiciones de calma la boquilla puede estar sobre la planta. En plantas de follaje tupido u hojas grandes como en las cucurbitáceas, o en presencia de vientos moderados, las boquillas deben bajarse y orientarse de manera que aseguren la penetración del polvo al interior de la planta y evitar el arrastre por el viento. En general al espolvorear debe tratarse de depositar el insecticida debajo de las hojas.

En el *espolvoreo por arrastre* se trata de aprovechar el efecto de arrastre producido por un viento moderado. El espolvoreo se hace transversalmente al viento cubriendo una faja de varios surcos según las características del polvo, las condiciones del viento y la altura de la tobera. El arrastre se favorece con la tobera colocada en alto. Las plantas dentro de la franja de aplicación deben recibir un depósito de insecticida satisfactoriamente uniforme.

Si se utiliza una cuadrilla de espolvoreadores manuales éstos deben estar dispuestos en forma escalonada teniendo en cuenta la dirección del viento con el propósito de que el arrastre de insecticida que aplica un operador no cubra al otro. La cantidad de polvo aplicado normalmente varía de 10 a 20 Kg. por ha.

Para espolvorear árboles altos se debe utilizar los movimientos ascendentes del aire del medio día y la convección y las comentes de aire normales en forestas.

Mantenimiento de las espolvoreadoras

Las espolvoreadoras deben vaciarse al terminar cada día de trabajo para evitar corrosión del material y la formación de costras de polvo endurecido que son difíciles de desprender. Las tolvas deben mantenerse cerradas para evitar que entren cuerpos extraños que puedan dañar los ventiladores. Las partes móviles deben lubricarse pero no debe dejarse ningún exceso de aceite o grasa que facilite la acumulación de los polvos. Si hay fajas, controlar su tensión periódicamente, reajustarlas o cambiarlas cuando sea necesario. Ocasionalmente debe limpiarse la caja del ventilador y quitar toda acumulación del polvo.

Al terminar la estación de trabajo o por lo menos una vez al año, todo el espolvoreador debe desarmarse y las piezas móviles deben lavarse en petróleo, deben pintarse las máquinas con pintura para metales y luego volverse a armar. Al almacenarse, las superficies de metal expuestas deben ser engrasadas completamente. El aceite de los motores debe ser drenado y reemplazado.

Aplicaciones de granulados

Los insecticidas granulados se presentan en forma de partículas relativamente grandes, entre 250 y 500 micras, formadas por granulos de inerte impregnados con insecticida. Debido a su tamaño, las partículas no están expuestas al arrastre por el viento; las aplicaciones pueden dirigirse con mayor precisión y, como consecuencia, los efectos sobre la fauna benéfica se reducen substancialmente. Por las mismas

razones se reducen en cierto grado los riesgos en la manipulación de las sustancias tóxicas. Insecticidas muy tóxicos, como el aldicarb, se formulan exclusivamente en granulos especiales tratando de disminuir los riesgos de su manejo.

Aplicaciones al follaje

En ciertas plantas, como el maíz y la caña de azúcar, los insecticidas granulados pueden utilizarse ventajosamente; los granulos se depositan en la terminal de la planta o "cogollo" y en las axilas de las hojas controlando a los insectos que se encuentran en estos lugares. En el país se usa Dipterex G, Sevín G. y otros insecticidas granulados para combatir el gusano cogollero del maíz y el barrenador de la caña de azúcar en plantas de maíz. Se emplea de 6 a 12 Kg. de granulos por ha., dependiendo del sistema de aplicación y del tamaño de las plantas.

Por supuesto que los granulos no sirven para las aplicaciones foliares de plantas de hojas anchas por cuanto no llegan a adherirse. Precisamente esta característica permite que los granulos aplicados con avión pueden llegar al suelo a pesar de la presencia de vegetación, incluyendo el follaje de los árboles. Este efecto se utiliza en lugares pantanosos donde se aplican granulados contra las larvas de los zancudos.

Aplicaciones al suelo

Una forma común de la utilización de los granulados es su incorporación al suelo, sea en aplicaciones directas o mezclados con fertilizantes. Cuando se trata de insecticidas de contacto como el Aldrin, Heptacloro, Diazinon, Mocap granulado, las aplicaciones están orientadas a controlar los insectos subterráneos. Cuando se trata de insecticidas sistémicos, fácilmente absorbidos por las raíces de las plantas como Thimet, Disyston, Temik o Furadan, también controlan insectos picadores, chupadores y algunos masticadores del follaje en los períodos tempranos del desarrollo de las plantas.

La aplicación de los granulos puede hacerse de diversas maneras: directamente con la mano protegida con guante; mediante aplicadores manuales simples tal como una botella invertida con la tapa perforada para la salida de los granulos; con pistolas aplicaderas, con aplicadores de mochila, con máquinas a tracción o montadas al tractor; con aplicadores de fertilizantes acondicionados; o por aviones.

Aplicaciones de insecticidas al suelo y a las semillas

Para combatir los insectos que viven o se esconden en el suelo, dañan las partes subterráneas de las plantas, o cortan el cuello de las plantitas tiernas, se suele recomendar la aplicación de insecticidas al suelo o el tratamiento de las semillas. También se utilizan estos tratamientos para combatir insectos picadores-chupadores de la parte aérea de la planta, utilizándose en estos casos insecticidas sistémicos que son absorbidos por las raíces.

Tipos de aplicaciones al suelo

Teniendo en consideración las características de la infestación, del cultivo, y del insecticida, los tratamientos pueden hacerse bajo tres modalidades: (a) tratamiento total del suelo, (b) tratamiento por banda o por surco y (c) tratamiento por "golpe" o por planta. Cualquiera que sea la modalidad del tratamiento el insecticida debe quedar incorporado dentro del suelo.

Excluyendo los insecticidas sistémicos que se tratan aparte, los productos que comúnmente se utilizaban en los tratamientos al suelo pertenecían al grupo de los clorados, entre ellos Aldrín, BHC, heptacloro, dieldrín y lindano. Estos productos han sido prohibidos en casi todos los países y han sido reemplazados por fosforados como, Parathión, Birlane Dyfonate isofenfos, clormefos, etoprop, diolofention, diazinony fensulfotion.

El tratamiento del suelo puede efectuarse mediante aspersiones, espolvoreos o aplicaciones de granulos. Las dosis a que se usan los insecticidas varían ampliamente, según el insecto, el cultivo, la modalidad de aplicación y el tipo de suelo. Así, en tratamiento total del área normalmente se utiliza el doble de insecticida que en el tratamiento por bandas. Para controlar gusanos alambre, en un tratamiento total se requiere aproximadamente 2 kg. de aldrín i.a.. por ha. mientras que para controlar los gusanos blancos se requieren 3 kg/ha. Estas dosis son válidas para suelos francos; cuando se trata de suelos ricos en materia orgánica hay que duplicar las dosis.

Tratamiento total del suelo

El tratamiento total del suelo se hace, naturalmente, antes de la siembra. El insecticida puede ser aplicado sobre la superficie del suelo y luego, mediante el paso de una rastra de discos, del arado, o de la cultivadora, se le incorpora dentro del suelo. Las aspersiones pueden hacerse con volúmenes relativamente bajos. Los granulados pueden ser aplicados en mezcla con los fertilizantes con lo que la operación resulta más económica. Un tratamiento común contra diversos insectos del suelo era la aplicación de 100 kg. de aldrín 2.5% en polvo, ó 50 kg. de aldrín 5% por ha.

Tratamiento en banda o por surco

En la aplicación por banda o por surco generalmente se emplea la mitad de la dosis que en el tratamiento total. La aplicación normalmente se hace durante la siembra o al aporque; en ambos casos el insecticida queda cubierto con la tierra que cubre la semilla o con la tierra de aporque. El insecticida protege la zona de las raíces del cultivo donde se concentran o hacen más daño los insectos. En las aplicaciones a la siembra, la sembradora debe tener un sistema de aspersión que tiene una boquilla inmediatamente después del pie de la sembradora; al cubrirse la semilla, se cubre el insecticida. En el cultivo de la papa se utiliza contra el gorgojo de los Andes, gusanos

de tierra, y gusanos alambre, aplicaciones de aldrín el polvo: 50 kg. de aldrín 2.5% o 25 kg. de aldrín 5%, por ha. Estas aplicaciones se hacían tanto a la siembra como al aporque. Las aplicaciones al aporque pueden efectuarse también en forma de aspersiones en banda. El Aldrín ha sido reemplazado por carbofuran.

Tratamiento por "golpe " o por planta

Cuando la siembra se realiza por "golpe", a lampa, puede agregarse una cantidad de insecticida en polvo, en granulos, o en líquido al tiempo que se deposita la semilla. También se puede tratar el área alrededor del cuello de la raíz. Con estos tratamientos se ahorra insecticida.

Para combatir el gorgojo negro del plátano que ataca los rizomas se recomendaba el tratamiento de los hoyos preparados para las nuevas plantas con 100 g. de aldrín 2.5% P, por hoyo. Los "hijuelos" que se utilizan en la plantación también deben ser espolvoreados. En plantaciones establecidas el insecticida puede aplicarse descubriendo previamente al pie de la planta y cubriendo luego el insecticida con la tierra.

Tratamiento de las semillas

La desinfección de las semillas como un tratamiento contra las enfermedades es bastante conocida. De la misma manera, las semillas pueden ser tratadas para combatir ciertos insectos que atacan a las semillas o a plántulas, sobre todo cuando las infestaciones no son muy severas. Los insecticidas sistémicos protegen las plantitas contra los insectos picadores-chupadores en los primeros momentos de su desarrollo. En general la protección que se consigue con el tratamiento de las semillas no es tan buena como cuando se hacen aplicaciones al suelo, debido al poco material insecticida que las semillas retienen por su pequeño tamaño y por la limitada distribución del producto en relación con el desarrollo radicular; además, existe la posibilidad de afectar el poder germinativo de las semillas. La principal ventaja del tratamiento de semillas es su bajo costo y fácil aplicación, pudiendo complementarse con otras formas de control. El tratamiento de semillas no solamente incluye el tratamiento de las semillas botánicas sino también las estacas, esquejes, hijuelos y tubérculos que se utilizan en la propagación de las plantas.

Entre los insecticidas más utilizados estaban los insecticidas clorados, que en gran parte han sido reemplazados por productos fosforados y carbamatos, algunos con marcado efecto sistémico, entre ellos carbofuran, metomyl, metamidofos, dicrotofos, monocrotofos y otros.

Los tratamientos de semillas pueden efectuarse en tres modalidades: en seco, en pasta y en líquido. Se dan ejemplos de insecticidas clorados para ilustrar los tratamientos en vista de la poca experiencia con los productos que deben reemplazarlos.

Tratamientos de semillas en seco: Los tratamientos en seco se hacen con insecticidas formulados como polvos secos, de preferencia concentrados; polvos

mojables y polvos con base de carbón. Para efectuar el tratamiento se puede hacer una mezcladora con cualquier recipiente metálico que pueda agitarse o hacerse girar.

Para controlar el gorgojo de la chupadera del algodón se trataba la semilla del algodón con aldrín en polvo 2.5%, 10 a 12 kg. por 100 kg. de semilla. Es preferible usar polvos más concentrados para reducir la cantidad total de polvo usado, por ejemplo, es mejor usar 3 kg. de un producto al 10% que 12 kg. de un producto al 2.5% para 100 kg. de semilla. De esta manera se evita el exceso de polvo que se desprende fácilmente de las semillas. En el tratamiento del maíz contra algunos insectos del suelo, en infestaciones ligeras, se recomienda lindano 25 PM. a la dosis de 0.5 kg. por 100 kg. de semilla.

Contra el gorgojo negro del plátano se recomendaba el espolvoreo de los hijuelos con aldrín 2.5% o su remojo en una emulsión de aldrín 0.12%. Este tratamiento era complementario del que debía hacerse en los hoyos para la siembra.

Tratamiento de semilla en pasta: La pasta de insecticida, que se utiliza para embadurnar las semillas se preparan mezclando un polvo mojable con una pequeña cantidad de agua. La semilla se mezcla con una proporción definida de pasta de manera que cada semilla queda convenientemente cubierta. Esta forma de tratamiento es más usado con fungicidas que con insecticidas.

Tratamiento de semillas en líquido: El volumen de líquido y la técnica que se utiliza en los tratamientos líquidos es muy variable, puede aplicarse desde una pequeña cantidad, digamos 90 ce. por 100 kilos de semilla, hasta una cantidad suficiente para sumergir las semillas en el líquido.

Con los tratamientos líquidos, las semillas deben sembrarse a las pocas horas o dentro de los días siguientes al tratamiento para evitar el autocalentamiento de la semilla en almacenamiento; salvo que se trate de líquido aplicado en volúmenes muy pequeños. En los tratamientos líquidos generalmente se emplea adherentes, de preferencia metil celulosa, aceites parafínicos, y aceite de linaza (Campos, 1972).

Aplicaciones de insecticidas sistémicos

Los insecticidas sistémicos pueden aplicarse de diversas maneras, según las características de los compuestos, de las formulaciones, de las plantas y de las plagas que se desean combatir. Las formas principales son: aplicaciones al suelo, tratamiento de semillas, tratamiento de tallos, y aspersiones a las hojas.

Los productos sistémicos tienen la propiedad de atravesar la epidermis de las hojas, tallos, raíces y semillas. Este efecto se presenta tanto en productos totalmente solubles en agua como en productos insolubles o poco solubles. Entre los compuestos solubles se encuentran el dimefox, mevinfós, fosfamidón, schradan, dicrotofós. Entre los poco solubles están forato, demetón, vamidotión.

La translocación se efectúa principalmente a través del xilema (tejido conductor interno) y en menor proporción por el floema, (tejido conductor externo), de allí que la translocación sea más eficiente y rápida hacia arriba que hacia las partes

inferiores de la planta. :

Para lograr una buena translocación es indispensable que la planta se encuentre fisiológicamente activa con plena circulación de la savia; plantas en pleno desarrollo vegetativo y recién regadas. La falta de esta condición puede producir resultados deficientes. Las aplicaciones muy tempranas, al inicio del desarrollo vegetativo, o muy tardías, normalmente tienen efecto mediocre. Es posible que condiciones diferentes de luminosidad, temperatura, humedad, nutrición y otras influyan en la eficiencia sistémica y que estas diferencias expliquen los resultados variables que a veces se obtienen en ensayos con productos sistémicos.

Aplicación de sistémicos al suelo

Los insecticidas son absorbidos fácilmente por las raíces de las plantas. Sin embargo, la absorción radicular del insecticida en condiciones de campo es afectada por la forma en que las partículas del suelo adsorben el producto y por las limitaciones que tengan las raíces para ponerse en contacto con las moléculas del producto. Por estas razones, la cantidad de insecticida que se usa en las aplicaciones al suelo normalmente son mayores que con los otros métodos.

La absorción es más difícil en terrenos arcillosos que en arenosos; en los suelos fuertes, arcillosos y con materia orgánica, deben usarse dosis mayores, normalmente el doble, que en terrenos sueltos y arenosos. Por otro lado los tratamientos totales requieren dosis mayores que cuando se hacen aplicaciones en bandas o por golpes en las proximidades de las plantas.

Los primeros insecticidas sistémicos ampliamente usados en esta forma fueron forato y disulfoton, ambos fosforados; posteriormente se han incorporado a la lista: fenamidofos, protoato y terbufos, también fosforados y los carbamatos aldicarb, carbofuran, oxamyl, metomyl, metalcarbato y furatiocarb. Las formulaciones más empleadas son los polvos en carbón activado y los granulados. Como la mayoría de estos productos son muy tóxicos se prefieren formulaciones granuladas.

Aplicaciones de sistémicos a semillas y tubérculos

Las principales ventajas de los tratamientos de semillas es que son baratos y fáciles de *realizar*. Sus inconvenientes son que la cantidad de insecticida que la semilla puede retener resulta muy pequeña y existe la posibilidad de que el producto sea fitotóxico. La formulación más usada para los tratamientos de semillas son los polvos mojables o las impregnaciones en polvo de carbón. Los tratamientos de semillas permiten proteger a las plantitas durante cierto tiempo contra pulgones y otras plagas. El tratamiento es particularmente útil cuando el ataque de estas plagas se presenta en plantitas recién germinadas, en las que su pequeña superficie foliar dificulta la absorción de aspersiones de sistémicos.

Aplicaciones de sistémicos a los tallos

Los insecticidas sistémicos pueden ser absorbidos por los tallos de arbustos y árboles. También se han ensayado inyecciones e implantaciones al tronco, pero con efectos no muy consistentes. El tratamiento de los tallos, comparado con las aplicaciones al follaje, tiene la ventaja de reducir el efecto de contacto contra la fauna benéfica al tiempo que utiliza menor cantidad de insecticida que en las aplicaciones al suelo.

Experimentalmente se ha logrado controlar al pulgón lanígero del manzano aplicando Metasystox 0.5 c.c. de i.a. por centímetro de diámetro de tallo, diluido en aceite de pepita de algodón en proporciones iguales. Aplicaciones similares de dicrotofos, ometoato y monocrotofos controlaron experimentalmente a la mosca blanca de los cítricos, áfidos y queresas, (Chau 1970, Faustino 1976, Escudero 1971). En estos trabajos queda por determinar el efecto fitotóxico a largo tiempo. En años posteriores no se ha logrado progreso con estas técnicas.

Aplicaciones de sistémicos al follaje

Los sistémicos se aplican al follaje en forma de aspersiones de alto o bajo volumen. Aunque se considera que los sistémicos no requieren una total cobertura de la planta, en la práctica se logran mejores resultados con rociados completos. La cantidad de insecticida absorbida por la planta depende de factores como el estado fisiológico de la planta, las condiciones climáticas; la edad, superficie y tipo de hoja; las condiciones de temperatura, radiación y otros factores que afectan la retención del insecticida y la permeabilidad de las células, como el viento y la lluvia. La absorción foliar es mayor en las hojas jóvenes que en hojas más viejas.

Ciertos insecticidas sistémicos tienen un apreciable efecto de contacto e inhalación contra los insectos en el momento de la aplicación, antes que el producto sea absorbido por la planta. Este efecto debe ¹ considerarse en relación con posibles daños a los insectos benéficos. El Systox por ejemplo es muy volátil y tiene efecto fumigante al momento de la aplicación.

Aplicaciones aéreas

(Figura 9:17)

Los insecticidas pueden aplicarse también por medio de aviones y helicópteros en la forma de aspersiones, espolvorees y granulos. La primera utilización del avión con este fin a nivel mundial se hizo en 1925 en Texas (Estados Unidos) y en el Perú en 1927 para hacer espolvorees en el valle de Cañete. Su uso se ha generalizado en toda la costa en el cultivo del algodón y en la costa norte en el cultivo del arroz. Eventualmente se usa en papa y otros cultivos en la costa central (Melgar, 1978). Con las aplicaciones aéreas se cubren grandes extensiones en corto tiempo, un promedio de 60 hectáreas por hora, y se pueden tratar campos en circunstancias en que no pueden utilizarse maquinarias terrestres; por ejemplo, cuando los campos están recién regados, cuando la presencia de canales dificultan el movimiento de los tractores, o cuando las plantas están desarrolladas y podrían dañarse con el paso de la maquinaria. Los aviones aplican también herbicidas y fungicidas, así como

defoliantes, fertilizantes y aún semillas de arroz y otros cereales.

Para que las aplicaciones aéreas puedan realizarse, los campos deben ser relativamente grandes y desprovistos de obstáculos como árboles, postes o cables de alta tensión que dificulten la aplicación y entrañen peligro para los pilotos; deben estar relativamente próximos a un campo de aterrizaje (a no más de 5 km.), y las condiciones ambientales prevalentes deben ser buenas.

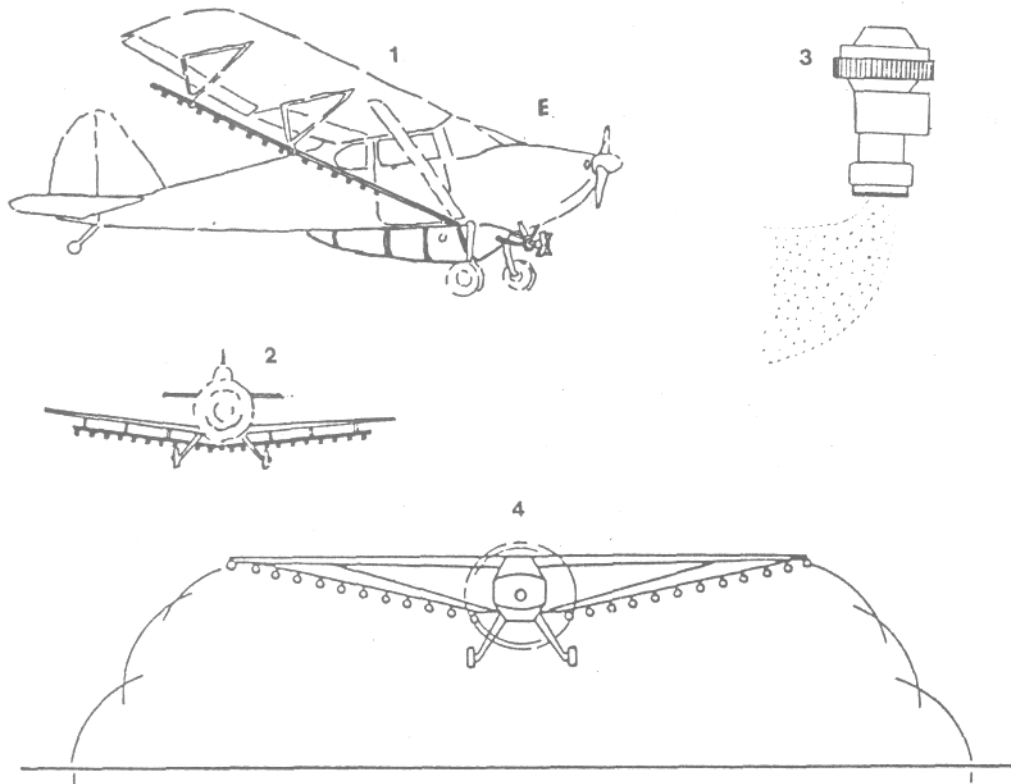


Fig. 9:17 **Aplicaciones aéreas**
1 Ubicación del sistema de aspersión en un avión de ala alta
2 Avión aspersor de ala baja
3 Boquilla de diafragma para aspersiones aéreas
4 Ancho de la franja de aspersión

Tipos de aviones

Los primeros aviones utilizados en las aplicaciones de insecticidas en el país fueron biplanos del tipo "Stearman" adaptados para estos fines, con capacidad de 600 a 800 litros o 700 kg. de polvo. Actualmente quedan muy pocos en servicio. Entre los aviones especialmente fabricados para aplicar insecticidas están los aviones monoplanos "Cessna" de ala baja con capacidad de 910 litros, los pequeños "Pawnee" con capacidad de 560 h't. y otros como el monoplano de ala alta "Piper Cub", y los aviones Gruman, Aero Comander e Ipanema Brasileiro. En años recientes

se ha incorpora al servicio el "chuspi" un pequeño avioncito de fabricación nacional con 100 litros de capacidad.

En general los aviones biplanos y monoplanos de ala baja depositan el insecticida mejor que los monoplanos de ala alta debido a que producen mayor turbulencia y mayor corriente de aire hacia abajo. De esta manera el insecticida puede llegar al envés de las hojas y a las hojas inferiores de la planta.

El campo de aterrizaje

El campo de aterrizaje debe estar dentro de un radio de 5 km. de los campos a tratar; sus dimensiones son de 40 m. de ancho por 600 a 800 m. de largo, en el mismo sentido del viento predominante sin obstáculos orientado a la entrada ni a la salida hasta una distancia de 500 m. En la cabecera del campo de aterrizaje debe instalarse un tanque con cantidad de agua suficiente para el volumen de la pulverización, y una motobomba. El tanque y la motobomba pueden ser proporcionados por la compañía "fumigadora" (llamada así impropiamente).

Selección de la forma de aplicación

En general las aspersiones aéreas son utilizadas más frecuentemente que los espolvoreos. Algunas consideraciones en la selección de la forma de aplicación del insecticida son las siguientes: las aspersiones deben preferirse cuando se trata de plantaciones jóvenes, cuando las infestaciones prevalecen en el tercio superior de la planta, cuando las aplicaciones se realizan en campos abiertos con cierta corriente de aire, y cuando se desea efectuar las aplicaciones durante todo el día. Los espolvoreos deben preferirse en plantaciones muy densas, con infestaciones en las partes inferiores de las plantas, en ambientes extremadamente secos, en áreas de poco viento. Los espolvoreos deben restringirse a las mañanas muy temprano.

Las aspersiones aéreas

En las aspersiones aéreas se utilizan normalmente de 30 a 50 litros de líquido por ha., de preferencia los menores volúmenes, pero pueden lograrse volúmenes de aplicación de hasta 130 litros por ha. como máximo.

En las aspersiones de ultra bajo volumen se aplica menos de 5 litros por ha. La dosificación normalmente se expresa en cantidad de insecticida por ha. y no en concentración de aplicación. Las gotas que se producen en las aspersiones aéreas normalmente tienen un tamaño mayor que en las pulverizaciones terrestres a fin de evitar su pérdida por evaporación y/o arrastre por el viento.

Equipo pulverizador

Los aviones pueden estar provistos de diversos sistemas: boquillas hidráulicas dispuestas en un aguilón portaboquillas, sistemas de barras rompe-gotas,

atomizadores rotatorios y tipos venturi. El sistema de boquillas hidráulicas es el más usado pero existe una tendencia a incrementar el uso de los atomizadores rotatorios ("Micronair") sobre todo en las aspersiones de ultra-bajo-volumen, aunque el equipo es más costoso.

El sistema de pulverización hidráulica consiste en una bomba centrífuga o de engranajes normalmente accionada por una hélice pequeña colocada en la parte anterior del fuselaje. El aguilon portaboquillas está colocado a lo largo del ala generalmente con las boquillas del extremo del ala más cercanas entre sí para contrarrestar la pérdida de presión hacia los extremos del aguilon. Las boquillas más próximas al fuselaje deben estar más agrupadas hacia la derecha del avión para contrarrestar el efecto de la hélice y lograr una distribución más uniforme de las gotas. Esto es necesario sobre todo cuando el avión vuela bajo, de 0.30 a 3.0 m. sobre las plantas como es lo normal. Para vuelos a mayor altura, o con aviones de mayor distancia entre la hélice y el aguilon portaboquillas; no es necesaria esta corrección. Se emplean boquillas especiales que se cierran automáticamente al bajar la presión del líquido, de esta manera se evita el goteo del insecticida una vez que se cierra la salida del tanque.

Las gotas que producen los aviones son relativamente grandes pero se dividen al chocar con el aire mientras el avión está en vuelo. La pulverización se hace más fina cuando más fuerte es el choque con el aire a la salida de la boquilla; esto permite su regulación inclinando el ángulo de la boquilla.

Ejecución de las aspersiones aéreas

El ancho de las franjas que se aplica con una pasada del avión es aproximadamente igual a la distancia entre los extremos del ala o envargadura, o ligeramente más ancha. Para orientar al piloto, la entrada y la salida de cada pasada es señalada por personas provistas con banderas, a quienes se les llama "bandereros" o "señaleros". Para facilitar la ubicación de los bandereros durante la aplicación, conviene marcar previamente los puntos de entrada y salida mediante estacas distanciadas convenientemente entre sí. Una vez que el piloto ha ubicado la señal, el banderero debe retirarse rápidamente antes que el avión lo cubra con la aspersión.

Las pasadas del avión deben hacerse transversalmente al viento, comenzando por el lado del campo hacia donde sopla el viento; de esta manera, ni el piloto ni el banderero quedan expuestos a las neblinas de insecticida de las sucesivas pasadas del avión. Esta norma debe conjugarse con la conveniencia práctica de efectuar las pasadas en el sentido más largo del campo a fin de cubrir más área con cada pasada del avión.

La forma de efectuar las pasadas del avión tiene tres modalidades; la pasada simple, la pasada doble y la pasada en melga. La primera, descrita anteriormente, es la forma más sencilla y más empleada. La pasada en melga se utiliza en campos grandes y de forma regular y tiene la ventaja de ahorrar tiempo en el viraje, pero se requieren dos pares de señaleros; un par de coloca en el extremo del campo como en la pasada simple, y el otro par en el centro del campo, paralelos a los primeros;

un par señala la ida del avión y el otro par la venida. Los señaleros se van desplazando conforme avanza la aplicación. Cuando por presencia de obstáculos el avión deja los bordes sin aplicar en cada pasada, al concluir la aplicación del campo, debe efectuarse una o dos pasadas finales de "cabeceo" por los bordes del campo.

Calibración de la aspersión aérea

El primer paso es seleccionar el volumen de aplicación que se desea, luego se fijan las otras características de la aplicación y de acuerdo a ello se decide que tipos de boquillas deben emplearse.

Supongamos que se desea aplicar 40 litros por ha. de caldo insecticida, con una velocidad de vuelo de 150 km. p.h., una franja de aspersión de 12 m. de ancho y 30 boquillas en el aguilón a una presión de 40 lb/pulg².

Recorrido por minuto:

$$\frac{150}{60} = 2.5 \text{ km.}$$

Area asperjada por minuto:

$$\begin{aligned} 2,500 \text{ m} \times 12 \text{ m} &= \\ 30,000 \text{ m}^2 &= \\ 3 \text{ ha.} \end{aligned}$$

Volumen de descarga por minuto:

$$3 \text{ ha.} \times 40 \text{ lit.} = 120 \text{ lit.}$$

Capacidad de descarga por boquilla:

$$\frac{120 \text{ lit.}}{30 \text{ boqu.}} = 4 \text{ lit/min.}$$

$$\text{aprox. } 1 \text{ gal/min.}$$

En el catálogo se busca la boquilla cuya abertura corresponde a una descarga de 1 galón por minuto. Para verificar la descarga del avión se llena el tanque con agua y se hace una o varias pasadas tomando el tiempo; luego se mide el agua necesaria para rellenar el tanque a su nivel original.

Para verificar la uniformidad de la aplicación se añade anilina al agua y se colocan tiras de papel sobre el suelo y a diferentes alturas de la planta. La distribución de las gotitas queda marcada en la cinta de papel.

Aspersiones aéreas de ultra-bajo volumen

En las aspersiones de ultra-bajo-volumen normalmente se aplica menos de 5 litros por ha, raramente se llega a 10 litros/ha.; el insecticida se aplica como materia técnica líquida o como solución no-acuosa a fin de evitar la evaporación rápida de las gotitas.

El equipo de aplicación puede ser a base de boquillas hidráulicas convencionales, o preferiblemente, mediante atomizadores rotatorios tipo "Micronair". Un avión provisto de 16 boquillas Tee-jet N°80015, volando a 150 km. p.h., con una cobertura de 15 m. por pasada, aplica aproximadamente 2 litros por ha.

Los atomizadores rotatorios "Micronair" producen gotas más uniformes. El tamaño de la gota se controla con la velocidad de la rotación del disco que a su vez se regula según el ángulo que se den a las paletas del rotor del pulverizador. En algunos modelos la velocidad de rotación se controla eléctricamente. En un avión se montan de 1 a 6 de estos atomizadores. Hay otros tipos de atomizadores rotatorios a base de cepillos y cilindros de mallas.

Para las aspersiones de ultra-bajo-volumen, los aviones vuelan a mayor altura que en las aspersiones convencionales de manera que se obtiene una franja de aplicación más ancha por cada pasada de avión. Se distinguen las aplicaciones dirigidas y las aplicaciones por arrastre.

En las aplicaciones dirigidas la faja de aplicación es de 30 a 50 m. de ancho; en las aspersiones de arrastre, el avión vuela a mayor altura y la franja de depósito de aspersión tiene no menos de 80 m. de ancho. En este caso el control del depósito es muy difícil, las gotitas son fácilmente llevadas por el viento, por lo que esta forma de aplicación sólo es recomendable en grandes pastizales, praderas o bosques. Los peligros de contaminación son grandes. En general los depósitos de las aplicaciones de ultra-bajo-volumen son menos uniformes que en las aspersiones aéreas convencionales.

Los espolvorees aéreos y las aplicaciones de granulados

Los mismos tipos de aviones utilizados en las aspersiones, provistos de equipo adecuado, se utilizan en los espolvorees. En los aparatos modernos el tanque para el insecticida se transforma en depósito para el polvo debiendo cambiarse el fondo con el mecanismo de espolvoreo; que suele ser de tipo venturi, con mecanismos de dosificación, agitación y compuerta de salida para los polvos.

Los espolvorees se realizan bajo condiciones más restringidas que para las aspersiones. El tiempo debe ser de calma, sin viento, sobre todo en ausencia de comentes térmicas que se producen cuando el sol calienta el suelo. Por eso los espolvorees aéreos se recomiendan únicamente muy temprano en la mañana o muy entrada la tarde.

Para evitar que el polvo sea desviado por las comentes de aire, los aviones deben volar bastante bajo; sólo poco más de un metro sobre las plantas. En los espolvorees se aplica normalmente de 7 a 15 kg. de polvo por ha.

Para aplicar insecticidas granulados, fertilizantes granulados, semillas de arroz, etc.;

se utiliza un "swath master" que ayuda a distribuir los granulos de manera uniforme. Se trata de un artefacto colocado debajo del depósito que se expande hacia las alas y en cuyo interior se dispersan los granulos.

DOSIFICACIÓN DE LOS INSECTICIDAS

La dosificación de un insecticida consiste en señalar la cantidad del producto, o dosis, que se requiere para matar una plaga. En la etiqueta de un frasco insecticida la dosificación de uso se expresa en dos o tres formas; a) Como concentración de aplicación; por ejemplo, al 0.2% (dos por mil); b) Como cantidad a echar en un volumen determinado de agua; por ejemplo, 30 mi. (aproximadamente 2 cucharadas) en una mochila de 15 litros; o c) se indica la cantidad del producto por hectárea; por ejemplo 1.2 litros por hectárea.

Estas dosificaciones son válidas sólo para el producto comercial referido y tienen como propósito depositar una determinada cantidad de insecticida (ingrediente activo) sobre las hojas. Si se tiene otro producto comercial más concentrado las dosificaciones recomendadas, con toda seguridad, van a ser menores. Pero si en lugar de la etiqueta de un frasco insecticida la dosificación se lee en una revista científica o técnica lo más probable es que la dosificación se refiera al ingrediente activo, es decir al insecticida puro. Corresponde al técnico encontrar la equivalencia en relación a un producto comercial.

La racionalidad que existe para las diversas expresiones de la dosificación se tratan en los siguientes acápite.

Dosificación por concentración de aplicación

La concentración de aplicación de un insecticida se expresa en por ciento o por mil, correspondiente al número de gramos o mililitros (ml) del producto por cada 100 ó 1,000 mi (0.1 ó 1.0 litro) del caldo insecticida, en el caso de las aplicaciones líquidas. La relación que existe entre la concentración del caldo insecticida y la cantidad del producto depositado sobre el follaje depende del volumen de aplicación, dentro de ciertos límites.

La relación es diferente según se trate de aspersiones de alto volumen (caldos diluidos), o de medio y bajo volumen (caldos semi-concentrados y concentrados).

Concentración de caldos diluidos

Los caldos diluidos corresponden a las aspersiones de alto volumen en las que se moja toda la superficie de la planta. A esta forma de aspersión se refieren las recomendaciones comunes de insecticidas en las que se señala solamente las concentraciones de aplicación, sin hacer referencia a los volúmenes que deben usarse por hectárea. Se entiende que el volumen que se use será el necesario para mojar todo el follaje. La cantidad de insecticida que se deposita sobre una hoja depende solamente de la concentración del caldo que se ha usado para mojarla

íntegramente; todo exceso que se aplique se perderá por escurrimiento. Si con 600 litros por hectárea se moja toda la planta y aplicamos 900 litros, solamente logramos mayor escurrimiento pero no mayor depósito sobre la planta. Si se quiere depositar más insecticida hay que aumentar la concentración de aplicación.

Cuanto más grandes sean las plantas o más denso el cultivo, se requerirá más caldo y consecuentemente, más insecticida por hectárea; pero la cantidad de insecticida por área foliar será siempre la misma.

La concentración de aplicación del caldo insecticida puede expresarse como concentración de ingrediente activo y como concentración del producto comercial.

- *Concentración de aplicación del producto comercial:* Es una forma común en que las casas comerciales recomiendan el uso de sus productos. Generalmente varía entre el 0.1% y 2% (= 1 ó 2 por mil), excepcionalmente llega al 0.3 y 0.4%. Se utiliza el nombre propio de la formulación comercial específica; por ejemplo: Metaphos al 0.2%, ("Metaphos" contiene 480 gr. de parathión metílico por litro de producto comercial). De la misma manera se recomienda Roxión S al 0.125%; Azodrin del 0.1 al 0.2% ó Gusathión del 0.2 al 0.3%, la riqueza de estos productos comerciales es 500 g. de dimetoato, 600 de monocrotofos y 200 g. de azinfos metílico por litro de producto comercial, respectivamente). En muchos casos es ilustrativo indicar la riqueza de la formulación comercial; por ejemplo: Parathión 50 CE al 0.1%. Esto indica que en un litro del caldo insecticida hay 1 ce. de un concentrado emulsionable de parathión que contiene 500 g. de insecticida puro por litro de concentrado.

- *Concentración de ingrediente activo:* Las revistas técnicas suelen referirse a la concentración del ingrediente activo (el producto puro) y no a la concentración del producto comercial. Por ejemplo; parathión al 0.05 por ciento del ingrediente activo o simplemente parathión 0.05% i.a.; ésto indica que en un litro del caldo insecticida hay 0.5 gr. de parathión puro. A veces se indica solo el nombre técnico común del insecticida, sobreentendiéndose que se trata del ingrediente activo. Por ejemplo, parathión 0.05%, ometoato 0.05%, carbaryl 0.3%.

Equivalencias de las dosificaciones y cálculos de diluciones

Las equivalencias entre las dosificaciones expresadas en *ingrediente activo* y en *productos comerciales* se establecen de las siguientes maneras:

Primer caso

Hallar la concentración de aplicación de una formulación comercial (P.C.) cuando se conoce la concentración de aplicación del ingrediente activo (I.A.). Ejemplo: se recomienda aplicar parathión al 0.05% de ingrediente activo y se dispone de un producto comercial "Parathión 50 C.E." ¿A qué concentración debe usarse el producto comercial?

a) Método del Factor de Conversión: (F.C.)

$$F.C. = \frac{100}{\% \text{ Riq. Prod. Com.}} = \frac{100}{50} = 2$$

Concentración de Aplicación del Producto Comercial: (C.A.P.C.)

Concentración de Aplicación del Ingrediente Activo: (C.A.I.A.)

$$\begin{aligned} (C.A.P.C) &= (F.C) \times (C.A.I.A) \\ &= 2 \times 0.05\% = 0.1\% \end{aligned}$$

Respuesta: El "Parathión 50 C.E." debe usarse al 0.1% (Echar 1 ce de producto comercial por cada litro de caldo insecticida).

b) Método de la Regla de Tres (inversa):

	%Riqueza del producto	%Concentración de aplicación
I.A.	100	0.05
P.C.	50	x

$$x = \frac{0.05 \times 100}{50} = 0.1\%$$

Razonamiento: Un producto de riqueza 100% se usa al 0.05% (numerador). Si un producto tuviera la riqueza del 1% se le utilizaría en una cantidad 100 veces mayor (numerador). Un producto de riqueza 25% se utiliza en una cantidad 25 veces menos (denominador) que aquel que solo tiene 1% de riqueza.

c) Método de la fórmula:

$$\frac{\text{Riqueza prod.A}}{\text{Riqueza prod.B}} = \frac{\text{Conc. de aplic. de B}}{\text{Conc. de aplic. de A}}$$

$$\frac{100}{50} = \frac{x}{0.05}, \quad x = 0.1\%$$

Para descartar cualquier error burdo en el planteamiento debe recordarse que la concentración comercial de aplicación es siempre mayor que la concentración de la

materia activa; y cuando se trata de dos productos comerciales, el de menor riqueza debe aplicarse a mayor concentración.

Segundo caso

Hallar la concentración de aplicación del ingrediente activo cuando se conoce la concentración de aplicación del producto comercial.

Ejemplo: se recomienda aplicar "Parathión 50 C.E." al 0.08%. Se desea saber a qué concentración de ingrediente activo se aplica el parathión:

$$F.C. = \frac{\% \text{ Riq. prod. com.}}{100} = \frac{50}{100} = 0.5$$

$$C.A.I.A. = (F.C.) \times (C.A.P.C.) \\ = 0.5 \times 0.08\% = 0.04\%$$

Respuesta: El parathión se está usando al 0.04% de ingrediente activo. (En un litro de caldo insecticida hay 0.4 gr. de ingrediente activo).

Tercer caso

Hallar la concentración a que debe usarse un producto comercial cuando se conoce la concentración de aplicación de otro producto comercial del mismo insecticida pero de riqueza diferente.

Ejemplo: se recomienda aplicar "Parathión 25 C.E." al 0.08% (producto recomendado). ¿A qué concentración se debe aplicar el "Parathión 50 C.E. (producto disponible)?

a) Método del Factor de Conversión: F.C.

$$F.C. = \frac{\text{Riq. del prod. recom.}}{\text{Riq. del prod. disp.}} = \frac{25}{50} = 0.5$$

$$C.A. \text{ de prod. disp.} = \\ (F.C.) \times (C.A.) \text{ prod. rec.} \\ 0.5 \times 0.08\% = 0.04$$

Respuesta: El "Parathión 50 C.E." debe usarse al 0.04% (Echar 0.4 ce de "Parathión 50 C.E." por cada litro de caldo insecticida).

b) Método de la Regla de Tres (inversa):

	%Riqueza del producto		%Concentración de aplicación
Prod. recom	25		0.08
Prod. disp.	50		x
	0.08	x 25	
x =	-----		= 0.04%
	50		

c) Método de la Fórmula:

$$\frac{\text{Riqueza prod.A}}{\text{Riqueza prod.B}} = \frac{\text{Conc. de aplic. de B}}{\text{Conc. de aplic. de A}}$$

$$\frac{25}{50} = \frac{x}{0.08}, \quad x = 0.04\%$$

Comúnmente es necesario calcular la cantidad de un producto comercial (q= en litros o kilos) de riqueza conocida (P=%) que se necesita para preparar cierta cantidad de caldo insecticida (Q=litros) conociendo la concentración de aplicación del ingrediente activo (p=%). Se utiliza la siguiente formula:

$$\frac{Q}{q} = \frac{P}{p}$$

Ejemplo: se recomienda aplicar Parathión 0.03% de ingrediente activo ¿qué cantidad de "Parathión 50 CE" debe utilizarse para preparar un cilindro de 200 litros?

$$\frac{200}{x} = \frac{50}{0.03}; \quad x = 0.120 \text{ lit.}$$

En algunos países se utilizan productos comerciales cuya riqueza se expresa en libras de ingrediente activo por galón de producto comercial. En tales casos es conveniente transformar las unidades a gramos y litros.

Ejemplo: se recomienda aplicar Parathión metílico al 0.1% de ingrediente activo y se dispone de una formulación cuya riqueza es de 4 libras por galón ¿A qué concentración debe usarse este producto? Una libra equivale a 460 gramos y un galón a3.785 litros.

En un galón habrá 4 x 0.460 kg. = 1,840 kg. de materia activa.

En un litro habrá:

$$\frac{1,840}{3,785} = 0.489 \text{ kg. de M.A.}$$

En términos convencionales, la formulación corresponde a un Parathión 49 C.E., que en la práctica puede considerarse Parathión 50 C.E. para los efectos de futuros cálculos. Con esta información se procede de la manera explicada en el caso N° 1 o en el caso N° 4.

a). Una alternativa es un cálculo directo por medio de una regla de tres: para preparar 100 litros de caldo se necesita 0.100 kg. de i.a.; se determina entonces, la cantidad de producto comercial que se requiere para obtener 0.100 kg. de i.a. de la siguiente manera:

$$\begin{array}{r} 1.840 \\ \hline 0.100 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3.785 \\ \hline x \end{array}$$
$$x = \frac{3.785 \times 0.100}{1.840} = 0.205 \text{ lit.}$$

Concentración de caldos concentrados y semi-concentrados

Los caldos concentrados y semi-concentrados corresponden a las aplicaciones de bajo y medio volumen en las que la superficie de la planta recibe gotitas de insecticida que quedan separadas entre sí, es decir no llegan al punto de escurrimiento. La cantidad de insecticida que se deposita sobre la hoja queda determinada por la concentración del caldo y por el número y tamaño de las gotitas que se depositan en esa hojas es decir, depende tanto de la concentración de la aplicación como del volumen de la aspersion por hectárea. Si en lugar de aplicar 100 litros por hectárea de una concentración determinada, se aplica 150 litros, se deposita en el follaje 50 por ciento más insecticida. Si se mantiene el mismo volumen por hectárea pero se aumenta la concentración de Aplicación en 50 por ciento se logra el mismo efecto. En estos casos resulta bastante difícil ajustar la dosificación en función del tamaño de la planta.

Concentraciones de los polvos

Las concentraciones de aplicación de los polvos corresponden a las concentraciones de las formulaciones comerciales de los polvos diluidos, tal como se adquieren en el mercado. La cantidad de insecticida que se deposita sobre la planta está determinada por la concentración del polvo y la cantidad que se aplica por hectárea. Existe una limitación en la capacidad de retención de los polvos sobre la superficie de la planta, afectada por una serie de factores ambientales. Cuando esta capacidad resulta crítica, la dosificación adecuada se logra variando la concentración del polvo

y no la cantidad de polvo por hectárea.

Los polvos se compran listos para ser aplicados pero ocasionalmente puede darse la necesidad de mezclar dos polvos de riqueza diferente para lograr una concentración intermedia. El problema se soluciona mediante el método gráfico de las diagonales.

$$\begin{array}{r}
 1(\% \text{ A}) \quad (? \text{ unidades A}) \\
 \quad \quad \quad \times \\
 2(\% \text{ B}) \quad (? \text{ unidades B}).
 \end{array}$$

- 1-Concentración de polvo A
- 2-Concentración de polvo B
- x-Concentración deseada para la mezcla

De las concentraciones de los polvos A y B se resta la concentración deseada para la mezcla y las diferencias corresponden al número de partes que deben tomarse de los polvos B y A respectivamente. Ejemplo: se desea preparar un polvo de Aldrin 3% y se dispone de Aldrin 2% y Aldrín 5% ¿Qué cantidad de cada polvo debe mezclarse para obtener la concentración deseada?

$$\begin{array}{r}
 2 \quad (2) \\
 \quad \backslash \quad // \\
 \quad \quad 3 \\
 \quad \quad / \quad // \\
 5 \quad (1)
 \end{array}$$

Respuesta: Se debe tomar 2 kg. de Aldrín 2% por cada kilogramo de Aldrín 5%.

Dosificación por cantidad de insecticida por hectárea

Con cierta frecuencia, se indica la cantidad de producto, en ingrediente activo o en producto comercial, que debe aplicarse en una hectárea. Tal recomendación debe interpretarse como válida para plantas de desarrollo y densidad promedios. Pueden efectuarse algunos reajustes según la clase de cultivo, estado de desarrollo de la planta, densidad del cultivo y la forma en que se aplica el insecticida. Como norma debe considerarse que en los espolvorees es necesario utilizar dosis un poco más alta para contrarrestar las pérdidas de material que normalmente se producen con este sistema de aplicación. Cuando se trata de aspersiones de bajo o medio volumen hay que considerar que, por falta de escurrimiento durante la aplicación, existe un ahorro del producto respecto a las aplicaciones de alto volumen. Este ahorro puede llegar al 25 por ciento de la cantidad recomendada.

En plantas pequeñas obviamente se requiere menos insecticida que en plantas mayores, sobre todo si las aplicaciones son dirigidas y no totales sobre el área de cultivo. Una plantita de algodón de 20 cm. de altura tiene aproximadamente 7 hojas, mientras que una planta adulta tiene 70-140 hojas, es decir 10 a 20 veces más superficie que cubrir.

MODALIDADES DE CONTROL QUÍMICO Y OPORTUNIDAD DE APLICACIÓN

Las aplicaciones de insecticidas son predominantemente "curativas", es decir se efectúan en presencia de las plagas; sólo en casos especiales se hacen en forma "preventiva", anticipándose a su ocurrencia. Es diferente a lo que ocurre con las aplicaciones de fungicidas protectores contra las enfermedades de las plantas que por lo general son preventivas.

Existen dos orientaciones básicas en la utilización de los insecticidas: (a) que los insecticidas constituyan la base de represión de las plagas (considerado el enfoque "moderno" a partir de la década de 1950); y (b) que se les utilice como un recurso complementario a otras formas de represión como en el caso del control integrado de plagas. La primera orientación ha dado lugar a dos sistemas o modalidades de aplicación de insecticidas: la aplicación-calendario y la aplicación por grado de infestación.

Sistema de aplicación calendario

Consiste en establecer una secuencia de aplicaciones de acuerdo a fechas prefijadas, o según determinados estados de desarrollo de la planta, normalmente sin verificar la ocurrencia o el grado de infestación de las plagas. Es la forma más primitiva pero que tiene preferencia entre agricultores por la sencillez de su aplicación. Este sistema, en el mejor de los casos, se deriva de observaciones previas de técnicos sobre la ocurrencia estacional de las principales plagas que atacan a los cultivos en un lugar. Los comerciantes de pesticidas suelen recomendar intervalos de aplicaciones en función del poder residual de sus productos en el supuesto que desaparecido el insecticida se reiniciarán las infestaciones. Finalmente los intervalos pueden ser el resultado de la propia "experiencia" de los agricultores. En cualquier caso se trata del sistema menos razonable para el uso de los insecticidas.

En nuestro medio es común, sobre todo en cultivos de hortalizas, las aplicaciones "semanales" o "cada diez días" de uno a varios insecticidas, solos o mezclados con fungicidas. Como consecuencia se crean graves problemas de residuos, se incrementan los costos, se acelera el desarrollo de resistencia a los insecticidas y aparecen nuevas plagas.

Un ejemplo ilustrativo de este sistema, algo más elaborado, pero sobre el mismo principio, es un Programa de Control de Plagas del Algodonero que se recomendaba en la década de 1960, en un estado de los Estados Unidos. Refiriéndose al uso de mezclas de insecticidas (BHC -DDT, Carbofenotión - DDT, toxafeno -DDT) se fijaban los siguientes tratamientos:

- Iniciar las aplicaciones cuando la planta tiene 8 hojas: 4 aplicaciones con intervalos de 5 días.
- Efectuar una aplicación adicional cuando se observen más de 5 por ciento de botones dañados por larvas pequeñas de *Heliothis*.

- Reiniciar las aplicaciones del 24 de julio con intervalos de 5 días hasta que termine la formación de botones.

Como se ve las aplicaciones a intervalos de 5 días están programadas a ciegas prescindiendo de la verificación de la presencia de las plagas.

Sistema de aplicación por grado de infestación

(Figura 9:18)

Esta modalidad constituye una aproximación al uso razonable de los insecticidas por cuando su aplicación se hace en función del grado de infestación que se observa en el campo. También se le llama "Control Supervisado". Con tal fin es preciso establecer métodos de evaluación de plagas en los cultivos y tener una idea sobre los niveles del perjuicio económico de las plagas principales. Ambos aspectos tienen una importancia crítica, y en la medida en que se tenga mejor conocimiento de ellos, las decisiones serán más adecuadas. En este sentido hay una tendencia a mejorar los métodos de evaluación y a establecer o revisar los niveles de tolerancia de las plantas a las plagas. Mientras tanto la toma de decisiones en este aspecto sigue teniendo una parte de intuición, por lo que hay grandes diferencias en los niveles de eficiencia con que se aplica.

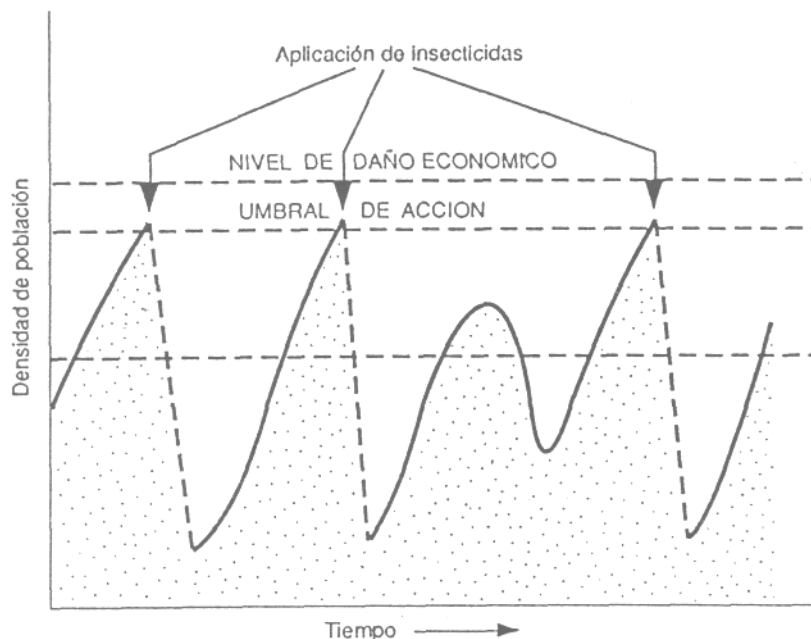


Fig. 9:18 Representación esquemática del uso del control químico de una plaga, determinando la oportunidad de los tratamientos cuando la plaga alcanza el umbral de acción.

Sistema de aplicación selectiva en programas de control integrado

Este sistema consiste en manejar los insecticidas como recursos de última instancia o complementarios a otras medidas de represión de las plagas. Se trata de utilizar los insecticidas de manera selectiva buscando obtener los beneficios de la aplicación contra las plagas al tiempo que se trata de reducir al máximo los efectos colaterales indeseables. El uso selectivo de los insecticidas se trata en el Capítulo sobre Control Integrado.

Oportunidad de las aplicaciones de insecticidas

La oportunidad consiste en determinar el momento en que debe aplicarse un insecticida para lograr el "control" de las plagas y evitar sus daños. Si bien el objetivo final es reducir o evitar pérdidas de la cosecha por causa de las plagas, el objetivo inmediato, que supuestamente debe conducir al objetivo final, es la destrucción de la plaga en sí.

Cuando la destrucción de la plaga es tardía, no se logra evitar los perjuicios ocasionados a la cosecha. Cuando se "controla" una población tempranamente sin que la cosecha se encuentre amenazada se incurre en un gasto innecesario. Por otro lado, si la decisión de controlar la plaga se toma cuando el insecto, por ejemplo un perforador de tallos o tubérculos, se encuentra ya fuera del alcance de la aplicación, la operación resulta inútil.

Puede distinguirse una "oportunidad" desde el punto de vista de protección a la cosecha, y una "oportunidad", desde el punto de vista de la destrucción de la plaga. Entre ambos conceptos hay una relación tan estrecha que con frecuencia pueden confundirse. Pero en el primer caso la "oportunidad" está vinculada al concepto de niveles de infestación tolerables y en el segundo caso se trata de determinar el momento en que el insecto resulta más susceptible a la aplicación del insecticida teniendo en cuenta la biología del insecto, su comportamiento y las diversas características del insecticida. Algunas generalizaciones sobre este último concepto se dan a continuación.

Insectos masticadores del follaje

Los insectos que mastican el follaje normalmente están expuestos a las aplicaciones de insecticidas durante toda su vida larval, lapso en el que consume una apreciable área foliar. Si se trata de insectos adultos masticadores su exposición es similar, aunque el consumo individual de follaje suele ser algo menor. En todo caso no existe una situación preferencial en cuanto al momento para que el insecto sea alcanzado por un insecticida en forma eficaz; salvo que haya una gran diferencia en el grado de susceptibilidad entre larvas pequeñas y larvas grandes. En algunas especies, por ejemplo en el gusano cornudo del tabaco, las larvas pequeñas requieren dosis mucho más bajas que las larvas grandes. El otro factor que determina la oportunidad del tratamiento es el grado de daño que se produciría de mantenerse o incrementarse la población de la plaga. Decidida la aplicación se recomienda un insecticida de ingestión o de contacto.

Insectos perforadores

Las larvas de insectos perforadores de brotes, tallos, botones o frutos normalmente están expuestas a los insecticidas por breve tiempo que corresponde al período entre la eclosión del huevo y la penetración de la larvita. Una vez que ésta se encuentra dentro del órgano atacado difícilmente puede ser alcanzada por un insecticida. Los insecticidas sistémicos normalmente no llegan a niveles mortales contra estos insectos.

Una alternativa al control de las larvitas recién nacidas es el control de los insectos adultos antes de la oviposición. Contra las larvas debe asegurarse la cobertura de toda la superficie de los órganos susceptibles de ser infestados; y contra los adultos deben quedar residuos en las áreas donde ellos suelen posarse.

En el caso de la polilla de la manzana, por ejemplo, el período conveniente para el tratamiento de los frutos se deduce de la fecha de emergencia de los adultos, cuya población se evalúa por medio de trampas de aumentos o de feromonas. En su determinación debe considerarse el período que media entre la emergencia de las hembras y el inicio de la oviposición, la duración de esta etapa y el tiempo que toman los huevos para eclosionar. Antiguamente se utilizaban insecticidas de ingestión; en la actualidad se utilizan insecticidas de contacto. Los adultos pueden ser controlados con aplicaciones de productos particularmente efectivos contra este estado del insecto, como el tetraclorvinfos.

En el caso de las moscas de la fruta, que producen el agusanamiento de los frutos, la oportunidad de los tratamientos se hace en consideración a la presencia de las moscas adultas y al estado de desarrollo del fruto que determina su grado de susceptibilidad al ataque del insecto. La presencia y densidad de población de las moscas se determina por medio de trampas de alimentación o de feromonas. En este caso particular para destruir a los adultos no se recomiendan aplicaciones totales sino tratamientos parciales con cebos envenenados que atraen y matan a las moscas adultas. Si las moscas llegan a ovipositar dentro de los frutos, las larvitas se desarrollarán aún cuando se apüquen insecticidas.

Algunos perforadores, en sus primeros momentos producen daños a los brotes o a las hojas, y posteriormente perforan los frutos. En estos casos el control resulta más fácil si las aplicaciones se realizan cuando las larvitas están pequeñas, antes que inicien la perforación de los frutos. Así, es posible controlar poblaciones larvales de *Heliothis* tratando los brotes de algodón; de igual manera se pueden controlar poblaciones de *Prodenia*, el perforador del fruto del tomate, con aplicaciones oportunas al follaje.

Moscas minadoras

La oportunidad en el control de las moscas minadoras se determina según se trate de destruir a los adultos o a las larvas. Productos insecticidas de depósitos superficiales como triclofon, arseniato de plomo más melaza, o piretroides tienen un marcado efecto contra adultos y no sobre larvas; consecuentemente, las aplicaciones deben efectuarse antes que se produzcan oviposiciones en gran

cantidad. Por el contrario algunos insecticidas de penetración y sistémicos incluyendo fosforados, carbamatos y reguladores de crecimiento son capaces de matar a las larvas dentro de las hojas. Estas aplicaciones deben hacerse antes de que las larvas causen demasiado daño en las hojas y den lugar a altas poblaciones de adultos.

Cortadores y perforadores de plantas tiernas

Los insectos cortadores de plantitas tiernas suelen causar daños severos en períodos muy cortos, que no dejan mayor tiempo entre la detección de su presencia y la ocurrencia de sus daños. En estas circunstancias no hay tiempo que perder para tomar las medidas de control. En el caso de los gusanos de tierra deben aplicarse cebos envenenados cuando las condiciones son favorables para su desarrollo y se ha detectado su presencia en malezas o en cultivos vecinos. La detección de focos puede dar lugar a tratamientos localizados o de desmanche.

En el caso del perforador de plantas tiernas de maíz, se sabe que sus daños en la costa son severos sobre todo en suelos arenosos y durante el verano. En estas condiciones, se recomienda su control químico inmediatamente al brotamiento de las plantitas. La demora de dos o tres días en la aplicación puede dar lugar a un gran perjuicio económico.

Insectos que atacan órganos subterráneos

La lucha contra insectos de vida subterránea como gusanos blancos, elatéridos y larvas de algunos gorgojos requiere de tratamientos al suelo. La oportunidad con que pueden hacerse estos tratamientos están restringidas por las prácticas agronómicas. Así, las aplicaciones pueden efectuarse antes o durante la siembra y al aporque. En estos casos no hay más opción que decidir las aplicaciones de acuerdo a los registros previos sobre la incidencia de las plagas. Normalmente no es posible decidir las aplicaciones a base de registros o contadas efectuadas durante el cultivo.

Insectos picadores chupadores

Con la excepción de las cochinillas harinosas, que suelen iniciar sus infestaciones escondidas entre ciertos órganos de las plantas, la mayoría de los insectos picadores chupadores permanecen en una condición más o menos expuesta durante toda su vida, alimentándose de la savia. Su localización en la planta, las formas que presentan durante su desarrollo, y el tipo de tejido vegetal que penetran con sus piezas bucales, influyen en la oportunidad y en la elección del tipo de producto que puede usarse para su control.

Los áfidos y los cicadélicos, localizados preferentemente en el envés de las hojas se encuentran poco expuestos a las aplicaciones de insecticidas de contacto, en cambio reciben fácilmente dosis letales de insecticidas sistémicos en sus formas juveniles y adultos. Las únicas limitaciones en la oportunidad de aplicación de un sistémico estarían dados por la planta, la que debe encontrarse fisiológicamente activa para absorber y hacer circular el insecticida, y por la cercanía de la cosecha

para evitar residuos tóxicos. Los mejores resultados se obtienen después de un riego.

Las querenas (escamas y lapillas) presentan barreras físicas para la penetración de los insecticidas, se distribuyen en toda la superficie de los órganos de la planta, y no se movilizan después que se han fijado. El control resulta más eficiente cuando la aplicación coincide con el período de producción de "migrantes" o recién nacidos que son móviles, sin capa protectora, y se desplazan sobre la superficie de la planta en búsqueda de lugares donde establecerse. En general se utilizan aceites emulsionables y algunos insecticidas fosforados, o mezclas de ambos productos. Los insecticidas sistémicos en general no son efectivos con excepción de algunos pocos productos para el caso de escamas que infestan hojas. Algunos productos como azinfos metílico y metidation son efectivos contra escamas establecidas.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Los pesticidas son sustancias intrínsecamente tóxicas de allí que su manejo desde la compra hasta su aplicación, pasando por su transporte y almacenamiento, debe estar rodeado de medidas de seguridad. Cualquier descuido puede provocar daños serios a la salud, incluso la muerte. Si bien no todos los productos tienen el mismo grado de toxicidad, las medidas de seguridad en el manejo de todos estos productos deben constituir un hábito de trabajo.

Compra, transporte y almacenamiento

La compra de pesticidas debe hacerse en establecimientos de seriedad reconocida. El producto debe estar en su envase original, con la etiqueta legible, el precinto intacto y fecha de uso vigente. No debe aceptarse productos re-empacados o envases en malas condiciones.

Los pesticidas deben transportarse separados de pasajeros, alimentos, y otros productos susceptibles de ser contaminados. Almacenar los productos fuera de la vivienda, separados de alimentos, personas o animales; lejos del alcance de niños o personas no autorizadas. En general no debe comprarse cantidades excesivas para evitar los riesgos del almacenamiento prolongado y la pérdida por caducidad del producto, con la consiguiente pérdida económica. Nunca usar botellas u otros recipientes caseros para almacenar porciones de insecticidas. Los restos del producto deben mantenerse en su envase original. Cualquier escurrimiento externo en el envase debe lavarse antes de almacenarlo.

Medición y dilución de los concentrados

Leer la etiqueta y medidas de seguridad antes de manejar un concentrado. Usar la dosis recomendada; dosis mayores solo aumentan los costos. Evitar el contacto con la piel al medir y mezclar el producto con el agua; para el efecto usar guantes de polietileno (PVC). Para evitar las emanaciones tóxicas de los concentrados emulsionables y las partículas de los polvos mojables colóquese contra el viento. Las

vasijas y medidas que se utilicen deben emplearse solamente para este propósito. Los envases deben cerrarse después de usarlos. Cuando se diluyen polvos mojables, es preferible hacer una pre-dilución en un recipiente con un poco de agua, mezclar bien, y luego agregar la pre-mezcla al tanque de la pulverizadora. La mezcla no debe hacerse cerca de una corriente de agua que puede resultar contaminada.

Revisión de equipos de aplicación

El equipo de aplicación debe revisarse con anticipación, accionándolo con agua y asegurándose que no existan goteras en el tanque ni pérdidas en las uniones o las llaves; que los filtros estén limpios y las boquillas sin obstrucciones. Nunca emplear la boca para limpiar conductos, filtros o boquillas.

Protección para el aplicador

Nunca aplicar insecticidas sin zapatos y tratar de mantener cubierta la mayor parte del cuerpo. Es recomendable usar un poncho o sobre-todo impermeable. Tener en cuenta la dirección del viento para que el aplicador avance sin ser cubierto por el arrastre de insecticida. Durante las aplicaciones no se debe fumar, comer, ni beber. Terminada la aplicación debe lavarse el equipo echando los residuos al suelo, lejos de las corriente de agua. El aplicador debe bañarse y cambiarse de ropa. La ropa usada debe lavarse y secarse al sol.

Para protegerse de la toxicidad por inhalación existen diversos tipos de máscaras. Contra los polvos se usan máscaras simples cuyos filtros, para retener las partículas, pueden ser de papel-filtro descartable, almohadillas de algodón, o de espuma látex que puede ser lavada y re-usada. Para las pulverizaciones se utilizan máscaras con filtros o cartuchos de diversos modelos, que contienen carbón activado y algunas otras sustancias químicas que protegen contra gases ligeros y vapores orgánicos; es decir contra aspersiones, nebulizaciones, vapores pesticidas y polvos. Los filtros deben cambiarse con la frecuencia indicada por sus fabricantes; e inmediatamente que se perciba el olor del producto o se respire con dificultad. En aplicaciones de árboles y arbustos el uso de máscara y sombrero es imprescindible.

Dstrucción de envases vacíos

Los envases vacíos de pesticidas no deben usarse para otros propósitos y por esta razón hay que inutilizarlos y destruirlos. Los envases metálicos deben ser perforados, chancados y enterrados. Los envases de plástico y de cartón deben ser quemados lejos de viviendas, personas y animales, pues se producen gases muy tóxicos. Los envases de vidrio deben romperse y enterrarse.

FUMIGACIONES Y FUMIGANTES

En el ámbito agrícola, el término fumigación suele ser utilizado inapropiadamente como sinónimo de aspersión o pulverización y hasta de espolvoreo. En su uso

correcto, *fumigar* significa aplicar gases o humos. Los gases usados en las *fumigaciones* se llaman *fumigantes*.

Los gases fumigantes solo pueden ser usados en lugares confinados o cerrados; en lugares abiertos los fumigantes se pierden rápidamente. Normalmente se fumigan productos cosechados guardados en almacenes cerrados o cubiertos con cobertores plásticos impermeables. También hay cámaras de fumigación para tratar plantas y productos diversos. Cuando se fumiga el suelo debe disponerse de algún mecanismo de cobertura para evitar la pérdida rápida de los gases.

Los gases tienen la propiedad de penetrar entre los intersticios del material almacenado y hasta pueden penetrar al tejido vegetal en cierta proporción. Los fumigantes penetran al cuerpo del insecto a través de su sistema respiratorio y de allí pasan a los tejidos del cuerpo. De la misma manera, los gases penetran rápidamente por las vías respiratorias del hombre y otros mamíferos hasta los pulmones donde son absorbidos rápidamente y pasan a la sangre. Estos productos son extremadamente peligrosos por su alta toxicidad y fácil absorción pulmonar.

Por los riesgos que conlleva, la aplicación de fumigantes a escala comercial es una actividad muy especializada que no puede ser tratada en detalle en este texto. El lector interesado puede recurrir a publicaciones especializadas sobre control de plagas de productos almacenados, manuales de fumigación o artículos sobre el uso específico de ciertos fumigantes.

Productos que se fumigan

Los productos agrícolas que normalmente acaparan el mayor uso de fumigantes son los cereales, granos de leguminosas y frutas secas, para combatir las diversas polillas y gorgojos que las afectan. Con menor frecuencia se fumigan tubérculos, raíces, frutos y más raramente plantas vivas. En el comercio internacional, la fumigación suele ser el tratamiento cuarentenario normal.

En viveros se fumigan las mezclas de tierra que sirven de sustratos en macetas y camas de crecimiento. También se fumiga el suelo de los campos destinados a cultivos muy rentables para eliminar insectos, nematodos, hongos y malezas.

Acondicionamiento para las fumigaciones

Los fumigantes actúan en forma de gas pero el material comercial que se utiliza para efectuar la fumigación raramente es un gas comprimido. Lo normal es que sea un gas licuado (bromuro de metilo), pastillas o granulos (fosfina) que al contacto con el aire y la humedad generan un gas, o discos impregnados (gas cianhídrico) que liberan gas al contacto con el aire.

En cualquier caso es necesario que el gas sea retenido dentro de cierto espacio por un tiempo determinado que asegure la penetración del gas en el producto tratado, alcance y penetre al cuerpo de los insectos y les ocasione la muerte. Esto se logra con almacenes herméticos, cámaras de fumigación y cobertores de plástico (polietileno o polivinilo) impermeables. Cuanto mas cerrado el espacio mas efectivo

es el tratamiento; como no hay pérdida de gas, la concentración se mantiene por más tiempo.

Terminado el tratamiento debe precederse a la aereación del producto para permitir la disipación de los gases tóxicos. La apertura de la cámara de fumigación debe hacerse desde afuera y los gases deben difundirse en el espacio libre. Nunca debe efectuarse una fumigación en un ambiente que tiene conexiones con otros ambientes donde hay personas o animales.

Residuos y otros efectos

Según el tipo de fumigante, la naturaleza y condición del material fumigado, los fumigantes pueden dejar residuos para los cuales se han establecido límites de tolerancia como en el caso de los insecticidas en general.

Parte del fumigante puede ser retenido por la superficie del producto tratado (adsorción), parte puede penetrar a la parte líquida o grasosa (absorción) y, en algunos casos, una pequeña parte puede provocar reacciones químicas, como la formación de cianohidrinias por la reacción de gas cianhídrico con azúcares reductores de frutas secas; o en la formación de bromuros inorgánicos después del tratamiento con bromuro de metilo. Las reacciones químicas son irreversibles y se favorecen con las temperaturas más altas; al revés, el gas adorbido y absorbido se puede disipar y la disipación es más rápida a mayores temperaturas.

La fumigación de frutas, tubérculos, semillas, o plantas vivas entraña una serie de posibles efectos adicionales, como estímulo o retardo del crecimiento o brotamiento, pérdida de germinación, daño permanente o temporal, lesiones visibles o internas, acortamiento de la vida de almacenamiento, etc.

Dosificación

Normalmente la dosis de un fumigante se expresa en cantidad de fumigante (kilogramos, litros, número de pastillas) que se aplica a un volumen de espacio por un tiempo determinado. Las dosis deben ajustarse a una serie de factores como la temperatura, cantidad de material almacenado en el volumen tratado, grado de hermeticidad de la estructura de fumigación y, por supuesto, tiempo de tratamiento.

Una dosis determinada en un volumen conocido vacío produce una *concentración* de gas uniforme en todo el espacio. La concentración puede expresarse en peso por volumen (g/m^3), en partes por volumen (calculado en número de moléculas de gas por volumen de aire por ejemplo 2,555 ppm por volumen), o en por ciento por volumen (ejemplo derivado del anterior: 0.2555 por ciento por volumen). La concentración de gas disminuye substancialmente por absorción y adsorción del material que se almacena y por fuga de la estructura de fumigación.

La mortalidad de un insecto a una determinada temperatura está dada por dos factores que actúan en conjunto: la concentración del gas y el tiempo de fumigación (concentración x tiempo: $C \times T$). En general, puede decirse que ambos factores tienen el mismo grado de importancia y se puede variar la concentración o el tiempo

de exposición siempre que el total de $C \times T$ se mantenga igual. Si se baja la dosis a la mitad debe duplicarse el tiempo de exposición y viceversa. Si para controlar una plaga se requiere 40g/m de bromuro de metilo por 4 horas (a 20°C), se obtendrá resultados similares con 80 g/m por 2 horas o 20 g/m³ por 8 horas.

Toxicidad y Seguridad

Los fumigantes son extremadamente tóxicos, se difunden fácilmente e ingresan rápidamente por las vías respiratorias. Su manejo, aún en pequeña escala, exige que se tenga una serie de precauciones. Los lugares de fumigación deben estar separados de viviendas, oficinas o cualquier otro ambiente ocupado por personas o animales. Siempre existe el peligro de la fuga del fumigante. Además, durante el proceso de aereación todo el gas debe disiparse. Por estas razones es prerreferible que la estructura para la fumigación se encuentre en espacio abierto.

Por supuesto que personal especializado puede efectuar fumigaciones en almacenes, molinos, barcos, vehículos de carga, etc. pero este tipo de operaciones no están consideradas en este caso. Por esta razón no se tratan aquí temas como métodos de detección de gases, límites de concentración y de tiempo de exposición tolerables por el operador y otros temas especializados.

Como regla general, durante la operación de fumigación, nunca debe trabajar una persona sola, pues de ocurrir un percance el operador rápidamente pierde el sentido y precisa de ayuda externa.

Algunos fumigantes vienen mezclados con una sustancia muy irritante (como la cloropicrina) de modo que la presencia del gas en el aire puede ser detectado rápidamente.

Las máscaras protectoras con filtros intercambiables (cartridges o cartuchos) que se usan comúnmente para proteger al operador durante las aspersiones de insecticidas en el campo no dan suficiente protección contra los gases. Las máscaras contra gases (para concentraciones que no excedan el uno por ciento por volumen de aire) deben cubrir toda la cara y estar conectada a un filtro especial o canister para vapores orgánicos que generalmente contienen carbón activado. El canister debe reemplazarse aproximadamente después de dos horas de exposición.

Principales Fumigantes

Existen muchos productos fumigantes entre ellos el bromuro de metilo, la fosfina, el dibromuro de etileno y el gas cianhidrico. De éstos los dos primeros son los usados más ampliamente.

Bromuro de Metilo: Se usa ampliamente para la fumigación de granos y otros productos almacenados, así como para la desinfestación y desinfección del suelo en cultivos de gran valor económico, como las fresas, y en el tratamiento de mezclas de suelo en los viveros. El producto es tolerado por muchas especies de plantas de vivero y tubérculos de papa (para el control de la polilla) pero puede ocasionar daño en algunos frutos. A la dosificación (concentración por tiempo) de 85 mg/litro/hora es

efectivo contra la polilla de la papa sin dañar los tubérculos. El camote no es tan tolerante como la papa a este tratamiento. El bromuro de metilo es el principal fumigante para fines cuarentenarios por que su penetración y efectividad es rápida (24 horas), es efectivo aún a bajas temperaturas y se disipa rápidamente después del tratamiento.

Hay cierta tendencia, entre los organismos dedicados a la protección del ambiente, a que se prohíba el uso comercial del bromuro de metilo pues es uno de los compuestos que reducen el ozono de la atmósfera.

El bromuro de metilo se vende en forma líquida que se gasifica rápidamente en el medio ambiente. Los envases más pequeños son latas con capacidad de una libra de peso y requieren de un aplicador especial que perfora la lata. También se vende en cilindros metálicos de hasta 100 libras de peso neto. Su aplicación, en comparación con las pastillas de fosfina, resulta mas complicada y no se puede dosificar cantidades pequeñas cuando se perfora la lata.

Fosfina: El uso de la fosfina se ha incrementado rápidamente desde mediados de la década del 60, reemplazando en gran parte al bromuro de metilo y a otros fumigantes. La razón es que la fosfina resulta mas fácil de aplicar, se comercializa mas ampliamente y suele ser más económica; pero para que el tratamiento sea efectivo se requiere de tiempos prolongados, generalmente más de 7 días. Otra limitación es que no funciona bien a temperaturas bajas.

La fosfina (o fosfuro de hidrógeno) pura es altamente inflamable, por lo que las formulaciones comerciales, que son pastillas o granulos (o pellets), contienen una substancia que se volatiliza conjuntamente con la fosfina al ponerse en contacto con el aire. Como precaución debe indicarse que la fosfina corroe las superficies de cobre y puede dañar los contactos de los aparatos eléctricos.

Nombres comerciales comunes de la fosfina son: Phostoxin, Gastoxin y Detia, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Específicas:

BEINGOLEA G., ÓSCAR. 1958. Resistencia de los insectos a los insecticidas, con ejemplos en el Perú. Rev. Peruana de Entomol. Agric. 1 (1): 51-58.

BENNELT., S.A 1957. The behavior of systemic insecticides applied to plants. Arm. Rev. Entomol. 279-296.

ESCUADERO C., LAUTARO E. 1971. "Estudio preliminar sobre el control químico de la mosca blanca lanuda de los cítricos, *Aleurothrixus floccosus* Mask, con aplicaciones de insecticidas sistémicos al tronco de la planta. Tesis sin publicar. Universidad Nacional Técnica de Piura. 80 pp.

FAUSTINO R., MOISÉS. 1976. Efecto del aldicarb contra algunas plagas de cítricos. Tesis sin publicar. Universidad Nacional Agraria. Programa Académico de

Agronomía. 105 p.

- GARCÍA B., GODOFREDO. 1959. Contribución al estudio de la resistencia del arrebiatado, *Dysdercus peruvianus* Guerin, al Hexacloruro de Benceno. Rev. Peruana de Entomol. Agrie. 2 (1): 91-102.
- HERRERA A., JUAN. 1958. Resistencia de ciertas plagas del algodón a los insecticidas orgánicos en el valle de Cañete. Rev. Peruana de Entomol. Agrie. 1 (1): 47-51.
- HERRERA A., JUAN. 1963. Problemas insectiles del cultivo de papa en el valle de Cañete. Rev. Peruana de Entomol. 6 (1): 1-9.
- KLIMMER, O.R. 1967. Plaguicidas, lexicología, sintomatología y terapia. Oikos-Tau. S.A. Ediciones Barcelona. España. 162 p.
- LANGE, W.H. 1959. Seed treatment as a method of insect control. Ann. Rev. Entomol. 4: 363-388.
- MARCH, Ralph B. 1959. Resistance to organophosphorus insecticides, Symp. Research Progress on Insect Resistance. Misc. Publ. Entomol. Soc. Amer. Washington, D.C. 13-19.
- MELGAR, JESUS. 1978. Aplicaciones aéreas. Principios generales de control integrado de plagas y enfermedades con énfasis en maíz y soya. Univ. Nac. Agraria. Lima-Peru. Tomo u: 159-166.
- MOOREFIELD, H.H. 1959. Insect resistance to the car-bamate insecticides. Symp. Research Progress on Insect Resistance. Misc. Publ. Entomol. Soc. Amer. Washington D.C. 145-152.
- RIEHL, L.A. 1961. A Routine system for spray application manually to citrus. Journal of the Rio Grande Valley Horticultural Society. Vol 15. Reprint 9 pp.
- THE NORTH CAROLINA AGRICULTURAL EXTENSION SERVICE. 1963. Cotton insect control. Extension Circular 429. 20 p.
- YEO, D. 1955. Some physical and meteorological aspects of field application of insecticides. C.I.R.U. Arusha Misc. Rep N° 135.

Generales (no citadas específicamente)

- AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. U.S.D.A. 1965. Aerial application of agricultural chemicals. Agriculture: Handbook N° 287, Washington 48 p.
- BAINER, ROY., R.A. KEPNER y E.L. BARGER. 1955. Spraying and Dusting *En* Principles of Farm Machinery. John Wiley & Sons, Inc. New York. 446-500.
- BROWN, A.W.A. 1959. Inheritance of insecticide resistance and tolerances. Symp. Research Progress on Insect Resistance. Misc. Publ. Entomol. Soc. Amer. Washington D.C. 20-26.
- CAFA, Cía. Aérea de Fumigación Agrícola S.A Boletín informativo, Miraflores, Perú. 55 p.

- EICKSTEDT, HASSO VON 1954. La técnica de aplicación de insecticidas en cultivos bajos. Méjico 30 p.
- GEORGHION G. P. y C. E. TAYLOR. 1986. Factors influencing the evolution of resistance, pp. 157-169. En. Pesticide resistance, strategies and tactics for management. National Research Council, Board of Agriculture. Eds. National Academic Press. Washington D.C.
- GUILL, J.S. y C.B. EATON. 1951. Airplane spraying for forest pest control. United Pest Control. United States Department of Agriculture. 21 p.
- GUNKEL, W.W. y C.B. RICHEY. 1961. Sprayers and Dusters. *En* Engineers Handbook; editado por C.B. Richey.
- HAMMA, H. 1983. Resistance to insecticides due to reduced sensitivity of acetylcholinesterase. pp. 229-331. *En* Pest Resistance to Pesticides. G. P. Georgiou y T. Saito, eds. New York. Plenum.
- HARRIS, AG., T.B. Muckle, y J.A. SHAW. 1965. Field Sprayers. *En* Farm Machinery Oxford University Press. London. 171-181.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1968. Effects of pesticides on fruit and vegetable physiology. Principles of plant and animal pest control. Washington. Vol. 6. 90 pp.
- NATIONAL AGRICULTURAL CHEMICALS ASSOCIATION. 1969. Official F.D.A. Tolerance. N.A.C. News and Pesticide Review. 27 (3). 31 pp. Washington.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, BOARD OF AGRICULTURE. 1987. Regulating pesticides in food. The Delaney Paradox. National Academy Press. Washington D.C. 272 pp.
- ROACH, F.A. 1971. Máquinas pulverizadores, traducción española del Boletín N° 5, Fruit spraying Machines (ed. 1967) Ministry of agriculture, Fisheries and Food. London. Angel Sánchez (traductor). Edit. ACRIBIA. Zaragoza. España. 97 p.

Anexo.- Nombres Técnicos de los principales insecticidas Orgánicos sintéticos, sus nombres comerciales más comunes, grado de toxicidad y tipo de producto.

Insecticidas Clorados

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL₅₀ mg/kg)	Tipo de Producto
Aldrín(1)	Aldrin	38-67	Insecticida con acción de contacto, estomacaly fumigante
BHC(2)	Gamexane BHC HCCH Lindacol Agrocide		Insecticida
Chlordano (3)	Chlordane Octachler Niran	367-515	Insecticida de contacto y estomacal
Clordecone (4)	Kepone	114-140	Insecticida
DDT (5)	DDT 113 Genitox Neocid	113	Insecticida de contacto
DDVP o Diclorvos	Nuvan Nogos Dedevap Mafu	50	Insecticida de ingestión, contacto y efecto fumigante
Dieldrin(6)	Diendrex	37-87	Insecticida de contacto y estomacal
Dilan(7)	Dilan	475-600	Insecticida
Endosulfan	Thiodan Malix Endocide	30	Insecticida, acaricida
Endrin(8)	Endrin Exadrin	7-15	Insecticida
Hepclaclor(9)	Heptamul	147-220	Insecticida
Isobenzan(IO)	Telodrin		Insecticida para varios cultivos
Lindano (gamma BHC)	Lindano Gammex	88-125	Insecticida de contacto con efecto fumigante
Metoxicloro	Marlate	6000	Insecticida

Insecticidas Clorados

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL₅₀ mg/kg)	Tipo de Producto
Mirex(11)	Mirex	306	Insecticida estomacal para hormigas
TDE(12)	Rhothane DDD		Insecticida
Toxafeno(13)	Strobane Camphoclor Toxakil	69	Insecticida

- (1) Todos los usos de Aldrín han sido cancelados en USA
- (2) No se produce ya en USA; prohibido en uso doméstico
- (3) Prohibido en uso agrícola; uso limitado contra termitas en estructuras de madera
- (4) Descontinuado
- (5) Su uso agrícola ha sido cancelado en casi todos los países por acumularse en la grasa y tener efectos ecológicos negativos
- (6) Su uso ha sido cancelado o suspendido en la mayoría de países
- (7) Su producción ha sido descontinuada (1975)
- (8) Descontinuado en 1987
- (9) Uso restringido en muchos países
- (10) Descontinuado en muchos países
- (11) Descontinuado
- (12) Descontinuado
- (13) Descontinuado en 1989

Insecticidas Organofosforados

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL ₅₀ mg/kg)	Tipo de Producto
Acephato Orthene SP	Asataf	945	Insecticida sistémico y de contacto; de amplio espectro
Amidithion	Thiocron	600-660	Insecticida-acaricida sistémico
Azinfos-etílico	Azinos Bionex Gusathión-A	15	Insecticida, de amplio espectro
Azinfos-Metílico	Gusathión Guthión	10	Insecticida, de amplio espectro
Bomyl	Fly Birt Grits	31	Insecticida, uso casero
Carbofenotion	Trithión	7-37	Insecticida Acaricida descontinuado
Cianofos	Cyanox	610	Insecticida, protector granos almacenados
Clorfenvinfos	Birlane Supona Stedalone	10-39	Insecticida-acaricida
Clorfoxim	BaythionC	2,500	Insecticida, salud pública
Clormefos	Dotan	7	Insecticida para el suelo
Clorpirifos	Brodan Eradex Stipend Dursban Lorsban	96-270	Insecticida, amplio espectro
Clorpirifos metílico	Reldan	1,000-3,700	Insecticida, protector granos almacenados
Crotoxifos	Cypona Decrotox	53	Insecticida
Demeton	Systox	2-6	Insecticida-acaricida sistémico
Demeton-S- metílico	Duratox Metasystox (i)	40	Insecticida sistémico, acaricida
Demeton-S- metílico sulfoxido	Metasystox-R	30-75	Insecticida-acaricida sistémico

Insecticidas Organofosforados

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL ₅₀ mg/kg)	Tipo de Producto
Diazinon	Diazatol Diazide Dizinon Gardentox Spectracide	300-400	Insecticida, nematocida, amplio espectro para suelo y follaje
Diclofention	Nemacide	270	Nematocida, insecticida
Dicrotofos	Bidrin Carbicron Ektafos	17-22	Insecticida de contacto y sistémico
Dimefox	Hanane Terra-Sytam	1-2	Acaricida-insecticida sistémico
Dimetoato	Rogor Roxion Perfekthion Dimetogen	215	Insecticida-acaricida sistémico de amplio espectro
Dioxabenzofos	Salithion	125	Insecticida, amplio espectro
Dioxation	Delmar	30-50	Insecticida acaricida discontinuado
Disulfoton	Di-Syston	2-10	Insecticida-acaricida sistémico para suelo y follaje
Ebufos	Rugby Apache	679	Nematocida, insecticida para suelo
EPN	EPN	26	Insecticida, acaricida
Ethion	Ethiol Ethanox	208	Insecticida, acaricida
Etoprop	Mocap	61	Nematocida, insecticida, del suelo por contacto
Fenamifos	Nemacur	5	Nematocida sistémico
Fencapton	Phencapton	182	Acaricida ovicida adulticida
Fenitrotion	Nuvanol Folithion Sumithion	800	Insecticida de contacto, acaricida selectivo, agrícola y salud pública
Fensulfotión	Dasanit TerracurP.	2-10	Nematocida, insecticida, limitado efecto sistémico

Insecticidas Organofosforados

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL ₅₀ mg/kg)	Tipo de Producto
Fention	Lebaycid Etitex Queletox Baytex	250	Insecticida, agrícola y de salud pública
Fentoato	Cidial Elsan Papthión	440	Insecticida acarícida de amplio espectro
Fonofos	Dyfonate	8-17	Insecticida para el suelo
Forato	Thimet Agrimet Granutox	2-4	Insecticida sistémico y del suelo, amplio espectro
Formotion	Anthio	365-500	Insecticida, acarícida de contacto y sistémico
Fosalone	Zolone Azofene Rubitox	120	Acarícida, insecticida, amplio espectro
Fosfamidon	Swat Dimecron	17-30	Insecticida acarícida sistémico, espectro restringido
Fosfolan	Cyolane Cylan	9	Insecticida sistémico
Fosmet	Imidan Prolate Fosdan	147-316	Insecticida, amplio espectro
Fosmetilan	Nevifos	39-88	Insecticida, amplio espectro
Foxim	Baythion Volaton	2.500	Insecticida, granos almacenados y para el suelo
HETPoTEPP	Tetron	1-2	Insecticida, poca resistencia picadores-chupadores
Heptenofos	Hostaquick	96-121	Insecticida sistémico de poca persistencia
Iodofenfos	Nuvanol N	2,100	Insecticida, salud pública
Isazofos	Triumph Brace Miral	4060	Nematicida, insecticida para el suelo
Isofenfos	Oftanol Pryfon 6	20-30	Insecticida, follaje y suelo

Insecticidas Organofosforados

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL₅₀mg/kg)	Tipo de Producto
Isoxation	Karphos	242	Insecticida de contacto y estomacal de amplio espectro
Malathión	Malathión Sumitox Calmathion Cythion	U75	Insecticida agrícola y de salud pública, granos almacenados
Mefosfolan	Cytrolane	9	Insecticida sistémico, amplio espectro
Menazon	Menazon	1,950	Afícida sistémico
Metamidofos	Tamaron Monitor Tamanox	15-18	Insecticida-acaricida, amplio espectro
Metidation	Ultracide Supracide	44	Insecticida-acaricida, amplio espectro
Mevinfos	Phosdrin Duraphos	3-12	Insecticida acaricida de contacto y sistémico fugaz, de amplio espectro
Monocrotofos	Azodrin Nuvacron Plantdrín	8-23	Insecticida-acaricida de contacto y sistémico, amplio espectro
Naled	Dibrom FlykillerD	430	Insecticida-acaricida de contacto, agrícola y salud pública
Ometoato	Folimat	30	Insecticida-acaricida sistémico, picadores-chupadores
Oxideprofos	Metasystox-S Estox	105	Insecticida-acaricida sistémico, picadores-chupadores
Parathión	FolidolE-605 Paraphos Phoskil Etilon	2-22	Insecticida de amplio espectro

Insecticidas Organofosforados

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL ₅₀ mg/kg)	Tipo de Producto
Paratión Metílico	Dimethyl Parathión Metaphos Folidol-M Ekatox Metacide Paratox	20	Insecticida de espectro moderado
Piridafention	Ofimack	769	Insecticida, amplio espectro
Pirimifos-metílico	Actellic Actellifog	2,000	Insecticida rápido de amplio espectro, agrícola, casero y granos almacenados
Profenofos	Curacron Selecron	358	Insecticida, acarícida de amplio espectro
Propetamfos	Blotic Seraphos Safrothin	119	Insecticida de contacto con efectos estomacales, uso en salud pública
Protiofos	Tokuthion Toyothion	1,200-1,500	Insecticida de uso agrícola y salud pública
Protoato	Fostion Fac	8	Insecticida-acarícida sistémico, foliar y del suelo
Quinalfos	Bayrusil Ekalux	71	Insecticida, acarícida de contacto e ingestión de amplio espectro
Schradan	Sytam Ompa		Insecticida sistémicos, acarícida
Sophamide			Acarícida-insecticida
Sulfotep	Bladafum Thio Tepp	7-10	Insecticida, acarícida, para picadores-chupadores '
Sulprofos	Bolster		Insecticida, amplio espectro
Temefos	Abate	8,600-13,000	Insecticida, salud pública
Terbufos	Counter Contra ven	4-9	Insecticida nematocida sistémico para el suelo
Tetraclorvinfos	Cardona Rabond	4,000	Insecticida de contacto y estomacal contra moscas casera y ácaros de aves

Insecticidas Organofosforados

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL₅₀mg/kg)	Tipo de Producto
Tiometon	Ekatín Thiotox	120-130	Insecticida sistémico, acaricida para picadores-chupadores
Triazophos	Hostathion	57-59	Insecticida, acaricida, nematocida, amplio espectro
Triclorfon	Dipterex Dytox Neguvon Tugon Cekufon	250	Insecticida agrícola y casero
Vamidotion	Trucidor Vamidoate Küval	100	Aficida acaricida sistémico de larga duración

Insecticidas Carbamatos

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL₅₀mg/kg)	Tipo de Producto
Aldicarb	Temik	1	Insecticida, acarícida, nematocida sistémico
Aldoxycarb	Aldoxycarb	25	Insecticida sistémico, nematocida
Aminocarb	Matacil		Producción descontinuada
Bendiocarb	Dycarb Garvox Ficam Seedox Turcam	40-156	Insecticida residual de amplio espectro agrícola y casero
Butocarboxim	Afilene	153-215	Insecticida sistémico
Butoxicarboxim	Plant Pin	458	Insecticida sistémico
Carbaryl	Sevin Tercyl Dicarbam Tricarmen	246	Insecticida de amplio espectro
Carbofuran	Furadan Curaterr	11	Insecticida, nematocida, acarícida de amplio espectro
Carbosulfan	Advantage Posee	209	Insecticida, nematocida, acarícida de amplio espectro
Cloetocarb	Lance	35	Insecticida nematocida, efecto estomacal de contacto y sistémico
Dimetan	Dimethan		Insecticida sistémico
Dioxacarb	Elocron Fainid	60-80	Insecticida de contacto y estomacal
Etiofencarb	Croneton	200	Insecticida añcida
Fenocarb	Carvil	410	Insecticida de contacto, para chupadores y orugas
Fenotiocarb	Panocon	7,000	Acaricida
Furatiocarb	Promet Deltanet	137	Insecticida sistémico para el suelo

Insecticidas Carbamatos

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL₅₀mg/kg)	Tipo de Producto
Isolan	Isolan Primin	11-50	Insecticida
Isoprocab	Etrofolan Mipcin	485	Insecticida
Landrin	Landrin	208	Insecticida descontinuado
Mecarbam	Afos Murfotox Pestan	36	Insecticida, acarícida con acción ovicida
Metiocarb	Mesurool-tro Draza	10-35	Insecticida, acarícida, molusquicida y repelente de aves
Metomyl	Lannate Methavin	17-24	Insecticida de amplio espectro
Mexacarbato	Zectran	24	Insecticida descontinuado
MTMC	Metacrate Tsumacide	109	Insecticida, amplio espectro
Oxamyl	Vydate	5	Insecticida, nematocida, acarícida
Pirimicarb	Pirimor	147	Aficida selectivo
Promecarb	Carbamult	74-118	Insecticida de contacto
Propoxur	Baygon Unden Suncide Brifur	80	Insecticida, agrícola y casero
Tiocarboxima	Thiocarboxime		Insecticida
Tiodicarb	Larvin Nivral	166	Insecticida
Trimetacarb	Broot	125	Insecticida, molusquicida
Xililcarb	Meobal	380	Insecticida
XMC	Macbal Cosban	542	Insecticida

Insecticidas Piretroides

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL ₅₀ mg/kg)	Tipo de Producto
Alfacipermetrina	Fastac Renegade Concord Fendona Bala Bestox Bonsul Dominex Efitox	79-400	Insecticida
Beta-cyflutrina	Bulldock		Insecticida de amplio espectro
Bifentrina	Brigade Talstar Capture	375	Insecticida, acaricida de amplio espectro
Cifenotrina	Forte Gokilat	318-2,640	Insecticida doméstico e industrial
Cipermelrina	Polytrin Siperin Arrivo Barricade Ammo Ripcord Folcord Electrón Cymbush Demon	251	Insecticida de amplio espectro
Cyflutrina	Baythroid Solfac Tempo	600	Insecticida de contacto e ingestión, agrícola e industrial
Deltametrina	Decís Butoflin Butox K-othrine	128-5,000	Insecticida, amplio espectro, excepto ácaros
d-fenotrina	Sumitrin Forte	10,000	Insecticida, granos almacenados, salud pública.
d-Tetrametrina	Neo-Pynamin Forte	5,000	Insecticida

Insecticidas Piretroides

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL ₅₀ mg/kg)	Tipo de Producto
Esfenvalerato	Asaría Sumi-alpha Halmark	325	Insecticida
Fenvalerato	Belmark Pydrin Sumicidin	451	Insecticida de amplio espectro
Flucitrinato	Cybolt Payoff	67	Insecticida, amplio espectro
Fluvalinato	Mavrik Spur	261-282	Insecticida estomacal y de contacto de amplio espectro
Furetrina	Furethrin		Insecticida paralizante
Lambdacihalotrina	Karate Icon		Insecticida, amplio espectro
Permetrina	Ambush Pounce Talcord Pramex Outflank	430-4,000	Insecticida de amplio espectro
Resmetrina	Synthrin Pynosect Vectrin Chrysron	2,500	Insecticida, casero, industrial e invernaderos
Teflutrina	Force	1,531-3,091	Insecticida
Tetrametrina	Duracide Neo-Pynamin	5,000	Insecticida, granos almacenados, jardines, casero e industrial

Pesticidas Misceláneos

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL ₅₀ mg/kg)	Tipo de Producto
Abamectina	Avid Affirm Agrimek	650	Insecticida Acaricida, cebos para hormigas
Amitraz	Mitac Ovasyn	800	Insecticida, acarícida
Azociclotin	Peropal	100	Acaricida
Bensultap	Bancol Ruban	1105	Insecticida
Benzoximate	Altaban	15,000	Acaricida de contacto con efecto residual contra huevos y larvas de arañas rojas
Bromopropylato	Acarol Neoron? Folbex	5,000	Acaricida de contacto, generadores de humo para controlar ácaros en colmenas
Buprofezina persistente	Applaud	2198	Insecticida, larvicida
Cartap	Padan Caldan Sanvex Vegetox	345	Insecticida
Clordimeform	Acarón Galecron Fundal	340	Insecticida-acaricida, oricida
Clorobencilato	Kop-Mite Folbex Akar	2,784-3,880	Acaricida
Cyhexatin	Plictran	540	Acaricida
Diclorprepene	Telone	224-775	Nematicida, fumigante del suelo
Dicofol	Cekudifol Hilfol Acarin Kelthane	820-960	Acaricida
Dienoclor	Pentac	3,160	Acaricida
Dinitrofenol	Chemox	30	Insecticida, acarícida fungicida

Pesticidas Misceláneos

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL ₅₀ mg/kg)	Tipo de Producto
Dinobutón	Dessin Dinofen Talan	140	Acaricida, fungicida
DNDC	Selinon Sinox Nitrador	20-50	Insecticida, fungicida, herbicida, defoliante
Endosulfan	Thiodan Crisulfan Cyclodan Malix	30	Insecticida, acarícida
Etofenprox	Trebon	42,800	Insecticida de amplio espectro
Fenpropatrin Formetanato	Ortho Danitol Carzol	70-164 20	Acaricida, insecticida Acaricida, insecticida
Hexitiazox	Nissorun Savey Acariflor	5,000	Acaricida, ovidica y larvicida
Hydrametilnon	Amdro	1,131-5,000	Acaricida, ovidica y larvicida
Metaldehido	Matizan Antimilace Metason	630	Molusquicida
Nemamort		296	Nematicida
Niclosamide	Baylusoide	5,000	Molusquicida
Ovex	Aspiran Ovotran Ovochlor	2,000	Acaricida
Piridaben	NC-129	435	Acaricida
Propargito	Omite Comite Omamite	2,000	Acaricida con efecto residual
Quinometionato	Morestan	1,520	Acaricida, con efecto fungicida (oidiosis) e insecticida
Tetradifon	Redion V-18	17,400	Acaricida
Tiociclam	Evisect	310	Insecticida estomacal y de contacto

Pesticidas Misceláneos

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL ₅₀ mg/kg)	Tipo de Producto
Tiofanox	Benelux		Insecticida sistémico del suelo

Acaricidas Descontinuados

Binapacril (Morocide, Acricid)
Clorbenside (Crlorocide, Chlorparacide)
Clorfenetol (Qikron, Dimite, DMC, DCPC)
Genite
Genitol
Tetrasul (Animert, V-101)
Tioquinox (Eradex)
Tranid (Tranid)

Insecticidas Reguladores de Crecimiento

Nombre Técnico	Nombres Comerciales	Toxicidad (DL₅₀mg/kg)	Tipo de Producto
Cyromazina	Trigard	3,387	Insecticida, regulador de crecimiento
Diflubenzuron	Dimilin Micromite	4,640	Insecticida, larvicida, ovidica, regulador de crecimiento, interfiere con el depósito de quitina
Fenoxicarb	Logic Insegar	16,800	Regulador de crecimiento de los insectos
Flufenoxuron	Cascade	3,000	Acaricida, insecticida; regulador de crecimiento
Hydroprene	Gencor Mator	34,400	Insecticida regulador de crecimiento
Kinoprene	Kinoprene Enstar	4,900	Insecticida regulador de crecimiento, especialmente activo contra homópteros (*)
Metoprene	Altosid Apex Diacon Minex	34,600	Larvicida de mosquitos selectivo, regulador de crecimiento
Teflubenzuron	Nomolt Dart Diaract	5,000	Insecticida activo como regulador de crecimiento, interfiriendo con la síntesis de quitina y el proceso de muda
Triflumuron	Alsystin		Insecticida, inhibidor de la síntesis de quitina
Tripirene	Tripirene	10,000	Insecticida regulador del crecimiento (*)

(*) Insecticidas descontinuados