

Eduardo Locatelli 2/

Especialmente durante los últimos 10 años, se ha incrementado significativamente la preocupación por el peligro que algunos productos químicos imponen a la población. Las medidas de control de su producción que se han impuesto y que se predicen para el futuro para proteger población y ambiente, serán el principal factor limitante para la aparición de nuevos productos en el mercado. Como es de conocimiento, esto está algunas veces asociado estrechamente a la extrema toxicidad del compuesto, tal como ocurre con algunos insecticidas. En otros casos, sin embargo, se ha relacionado a sus efectos secundarios, indetectados al principio, y que luego han causado problemas serios: DDT-Bald Eagle, aparición de resistencia, contaminación ambiental, bio-magnificación, etc.

Se sabe ahora que tales efectos muchas veces podrían haberse demorado, permitiendo un uso más prolongado, y hasta podrían haberse evitado totalmente en algunos casos.

Varios factores han sido responsables por esos problemas: desconocimiento de la dinámica y biología de poblaciones plaga y predadores; falta de información toxicológica; no consideración de niveles económicos; uso de compuestos inadecuados a dosis excesivas y repetidas aplicaciones cubriendo áreas donde la incidencia de la plaga no era significativa, etc. El uso de formulaciones inadecuadas o el desconocimiento de las propiedades de los compuestos y sus formulaciones también incidió sobre la aparición de problemas.

En general, el concepto de que los compuestos químicos eran la "panacea" de las alternativas de control, hizo olvidar que había otras que podrían haber sido usadas complementariamente y así reducir riesgos. Este concepto influyó o retrasó la utilización del control integrado.

Los plaguicidas son necesarios para el desarrollo agrícola, pero deben ser usados en forma adecuada y es de esta forma que el uso de equipo adecuado para cada circunstancia, el conocimiento sobre mantenimiento, métodos de calibración, capacidad y funcionamiento, sumado al conocimiento de las dosis

1/ Documento preparado para su presentación en "Seminario Regional sobre uso y manejo de plaguicidas en Centro América". Guatemala 26-30 de junio, 1978.

2/ Ph.D., Sub Director del CATIE, Capacitación y Cooperación Técnica
CATIE-Turrialba, Costa Rica

adecuadas, tienen una importante incidencia en la necesidad de mantener un ambiente apropiado y disminuir al máximo posible los riesgos implícitos en las aplicaciones de plaguicidas.

La selección del equipo apropiado así como su adecuada utilización serán factores determinantes de:

- a. Aplicación de dosis exactas- importante desde el punto de vista de la selectividad cuando ésta depende de dosis diferenciales, e importante desde el punto de vista de los posibles residuos resultantes de sobredosis.
- b. Aplicación sobre la población plaga deseada- el conocimiento de los factores que regulan acarreo, tales como tamaño y clase de boquilla, presión, tamaño de gota, velocidad del viento, etc. Es importante para evitar pérdidas de efectividad, daño a otros cultivos o especies deseables; en definitiva permitirá evitar pérdidas económicas o contaminación innecesaria.
- c. Seguridad para el aplicador.

Cuando la elección del equipo es posible, la adecuación de este a las necesidades y tipo de problema es importante así como lo es el conocimiento de los compuestos a utilizarse y de la especie plaga que se desea controlar, para maximizar efectividad y reducir los riesgos a un mínimo.

La elección del equipo estará condicionada al área a tratarse así como a disponibilidad de capital. El conocimiento de los compuestos y el manejo adecuado del equipo dependerán de la capacitación a que haya sido sometido el personal encargado. Esto último es más importante aún que la calidad del equipo.

Debido al notorio incremento en la efectividad de los productos que se usan hoy día, así como al aumento de ese uso, es obvia la necesidad de un equipo seguro, preciso y eficiente.

Existe gran número de equipos para aplicar polvos, gránulos y líquidos. Una idea puede obtenerse al observar que solo para granulares y polvos hay 38 aparatos diferentes y 96 tipos de pulverizadores ilustrados en el "Manual of Pesticide Application Equipment" (1). Es importante también el número de fabricantes de equipos. En una lista parcial (2) de fabricantes de equipos y accesorios, se nombran 414 fabricantes, teniendo el liderazgo USA con el 47 por ciento, seguido por Italia, Reino Unido y Alemania Occidental con 10, 8.7 y 8.0 por ciento respectivamente.

Generalmente cuando se adquiere un equipo se espera que éste cumpla las funciones de un aparato para múltiples tareas lo cual hace más difícil aún poder cumplir con los requisitos técnicos de cada situación en particular. Si pensamos que para cada herbicida o grupo de herbicidas pueden requerirse técnicas de aplicación especiales, veremos en que medida puede complicarse la elección del equipo. Sin embargo, la elección está muchas veces más condicionada a la disponibilidad y razones económicas que a las características técnicas que debe reunir un equipo para que su utilización rinda los máximos beneficios.

Muchos de los equipos disponibles sirven varios propósitos; aplicación de: -herbicidas, insecticidas, fungicidas. Si bien algunas veces esto no causa problemas, cuando en las distintas aplicaciones está involucrado el uso de materiales fitotóxicos, la conveniencia de usar equipos separados es evidente. Tanto los materiales de construcción usados actualmente, como los nuevos diseños, han reducido significativamente el riesgo de contaminación, siempre que se tomen las precauciones adecuadas.

Las aplicaciones terrestres representan una serie de ventajas que han asegurado su continuidad de uso, tales como la posibilidad de aplicaciones en áreas poco accesibles como lo son las pendientes pronunciadas, donde aún las aplicaciones aéreas encuentran dificultades; son indispensables en las aplicaciones de herbicidas incorporados al suelo, pues permiten realizar ambas labores con una pasada del equipo; permiten una aplicación eficiente cuando se necesita llegar debajo de un follaje denso; son indispensables en aplicaciones en banda que reducen considerablemente el costo, residuos y consecuente contaminación; permiten aplicaciones localizadas en manchones o dirigidas debajo de un cultivo susceptible o hacia el blanco directamente; son esenciales cuando son necesarios altos volúmenes de agua como en el caso de compuestos de baja solubilidad a aplicarse en dosis altas.

Como principales desventajas pueden anotarse el consumo de tiempo en comparación con aplicaciones aéreas; su dependibilidad en condiciones ambientales tales como estado del terreno; daños mecánicos apreciables, especialmente en cultivos densos como arroz y trigo; y aumento de la compactación del suelo.

En su forma más simple, los aspersores terrestres están representados por el aspersor de mochila o de espalda. Existen muchas variaciones de este tipo de aspersores generalmente dedicados a la investigación. El aspersor de mochila ocupa un lugar en la historia por haber sido el primer aspersor comercial usado para combatir plagas de viñedos de Europa. Su importancia es creciente pues se ha convertido en la herramienta más común y eficiente para el control de plagas en las pequeñas fincas del Istmo Centroamericano. Su simpleza, fortaleza y seguridad y su facilidad de reparación son de por sí razones muy valederas para justificar su difusión

en áreas en que las reparaciones o repuestos son difíciles de obtener o muy caras. Es de bajo costo, fácil mantenimiento y permite realizar aplicaciones totalmente localizadas en áreas inaccesibles para todo otro equipo, con mínimas posibilidades de acarreo hacia áreas adyacentes de cultivos susceptibles. La adición de una pantalla de protección asegura aplicaciones de herbicidas no selectivos en cultivos susceptibles. Sus principales desventajas que consisten en: falta de regulación de presión y agitación, dificultad de calibración, lentitud, proporcionar un contacto más directo entre el aplicador y el material a aplicar, son compensadas ampliamente por las ventajas, especialmente en áreas de agricultura diversificadas o en pequeñas fincas.

A medida que el área de la explotación, así como las posibilidades económicas, se incrementan la necesidad de un equipo mecanizado, autopropulsado, se hace evidente. Estos equipos tienen variados usos y características. Sus partes principales son el tanque para la solución, un sistema de distribución por mangueras y boquillas y una bomba que aplica presión sobre el líquido a la vez que asegura agitación dentro del tanque cuando esta es hidráulica. Algunos equipos son de uso múltiple, capaces de generar bajas presiones, necesarias para control de malezas (10 a 40 libras por pulgada cuadrada) hasta aplicaciones a altas presiones como para fungicidas e insecticidas.

Los elementos más importantes de estos equipos son su bomba y las boquillas. La combinación de ambas determina el tipo de trabajo hacia el cual van dirigidas.

A continuación se detallan algunas características de las principales bombas que pueden ayudar a su elección.

CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS

Tipo de bomba	Litros/ minuto	Rango de presión (lb./pulg ²)	Ventajas	Limitaciones
pistón	10-40	0-1000	Sirve para todas formulaciones, genera presiones altas, resistente al desgaste; fácil de reparar.	Costosa, pesada
engranaje	10-250	5-200	Bajo costo, produce presiones medias.	Volumen bajo; vida corta; no satisfactoria para polvos mojables.
rodillos	20.200	5-150	Durable, volumen medio y presión; fácil de reparar	Presión se baja con uso de polvos mojables.
centrífuga	10-375	5-65	Sirve para todas formulaciones; no se gasta con productos abrasivos; volumen alto.	Necesita motor; presiones bajas.
diafragma	10-40	5-100	No se desgasta con productos abrasivos; fácil de reparar, presiones medias	Volumen bajo; diafragma de caucho no resistente aceites de uso agrícola.

La boquilla es el componente del equipo que recibe mayor importancia pues es el encargado de dispersar las gotas del líquido en una dirección definida para formar un patrón de aspersión determinado. Existe una variada selección de boquillas y aún cuando los requerimientos varían de un tipo de aplicación a otra, sus funciones básicas son:

1. Medir el líquido para proveer la cantidad exacta del compuesto químico,
2. Dispersarlo en gotas del tamaño adecuado para cada propósito,

3. Hacer la dispersión de manera de proporcionar patrones adecuados a cada situación,
4. Proveer de momento hidráulico, o sea adecuada fuerza de impacto para alcanzar el blanco,
5. Determinar el ángulo de aspersión quien a su vez establece cuan alta debe ir el aguilón sobre el suelo.

Las boquillas determinan fundamentalmente el tamaño de gota aún cuando éste esté influido por el espaciado de las boquillas en la barra o aguilón, su orientación, propiedades del líquido, condiciones atmosféricas y presión.

Se ha discutido mucho con el problema del tamaño ideal de gota, pero puede considerarse que se centra más bien con respecto a obtener una aspersión que produzca gotas casi totalmente uniformes y suficientemente grandes como para producir impacto y minimizar acarreo, pero lo suficientemente tan pequeñas como para proporcionar una cobertura adecuada. Como se comprenderá obtener todo esto de una misma boquilla es mucho pedir. De la infinidad de modelos de boquillas adaptadas a distintos usos, entre ellos, agrícolas, se destacan las siguientes;

1. Abanico plano (Flat fan) (Fig. 1)

Las gotas que producen estas boquillas salen en forma de abanico del orificio elíptico. El patrón de aspersión es reducido en los bordes, es decir, que se proporciona menor cantidad de líquido para permitir la sobreposición del patrón de las boquillas adyacentes en el aguilón. La necesidad de sobreposición es para evitar que escapen áreas sin asperjar cuando la vegetación o el terreno no son uniformes.

Cuando una serie de estas boquillas se montan adecuadamente en un aguilón, el líquido es más uniformemente distribuido que con cualquier otro tipo de boquilla usadas en aplicaciones terrestres de este tipo. Esta boquilla proporciona gotas de un tamaño pequeño a mediano a 30 o 40 libras de presión por pulgada cuadrada. El tamaño de las gotas varía entre 150 y 400 micras, relativamente estables, excepto en condiciones de viento extremas. Son poco susceptibles a evaporación antes de alcanzar el blanco y razonablemente eficientes en la forma de adherirse al follaje. Los ángulos de aspersión que producen las boquillas varían de 65 a 80° a una presión de 40 libras por pulgada cuadrada. Usando boquillas que den ángulos de 80° puede mantenerse el aguilón relativamente bajo dando distribución uniforme, sin excesiva deriva. Una forma especial de esta boquilla (EVEN) es adaptada para aplicaciones en banda sobre cultivos en hilera, para herbicidas pre-emergentes.

2. Inundación (Flood jet) Fig. 2)

El patrón de aspersión es bastante similar al anterior pero produciendo ángulos mucho mayores que van de 115 a 147°. El tamaño de gota es mayor, por lo tanto la distribución del líquido es menos uniforme. El ancho de aspersión que se obtiene es excelente para hacer aplicaciones a baja altura, reduciendo considerablemente los riesgos de acarreo. Son especiales para usar herbicidas por debajo del follaje de cultivos susceptibles.

3. Cono hueco o macizo (Hollow or solid cone) Fig. 3)

Estas proporcionan patrones circulares. Las de cono hueco dan unas pocas gotas en el centro, mientras que las de cono macizo asperjan en todo el círculo a través de un movimiento de torbellino de la película de líquido generada en el interior de la boquilla. Estas boquillas tienen amplio uso que incluye aplicaciones de insecticidas y fungicidas de alto o bajo volumen cuando se requieren coberturas completas del follaje y donde el acarreo carece de importancia o más es deseable para que el producto llegue a todas las partes de la planta penetrando a través de espeso follaje.

4. Boquillas productoras de espuma (Foam nozzles) Fig. 4)

El uso de espuma para acarreo de herbicidas ha recibido considerable atención en los últimos tiempos como medio de reducir la deriva de productos hacia cultivos susceptibles. Un método de producción de espuma consiste en el agregado de un agente espumante al líquido a asperjar y el uso de una boquilla especial que mezcla aire con la solución. La distribución no es perfecta pero es adecuada para la mayor parte de los herbicidas traslocados.

ALGUNAS CONSIDERACIONES Y NUEVOS EQUIPOS

El objetivo fundamental al aplicar plaguicidas es cubrir adecuadamente el blanco, con la máxima eficiencia y el mínimo esfuerzo. A este blanco (insecto, maleza, hongo, etc) no se le da la magnitud que le corresponde a pesar de ser el objeto al cual va dedicada la aplicación. En el caso de insectos el objetivo es muchas veces llegar al sistema nervioso central. Para el control de enfermedades causadas por hongos, este puede ser cubrir totalmente la planta para evitar la germinación de esporas, es decir que la cobertura debe ser tal que permita el contacto de cualquier espóra germinando con el producto. En el caso de herbicidas la situación es diferente dependiendo de si estamos usando herbicidas de contacto que requieren una cobertura total, o traslocados, donde esto no es tan crítico. Un caso

extremo resulta cuando queremos controlar insectos en vuelo (tse-tse, mosquitos y adultos de lepidópteros que no se alimentan). En este caso, el ideal sería usar gotas sumamente pequeñas que produzcan la mínima contaminación del habitat y que solo hacen impacto en superficies pequeñas. Muchas veces esto es impracticable, entonces es necesario contaminar todo el habitat o el alimento del insecto que la mayor parte de las veces es también fuente de alimento humano. Esto es obviamente muy ineficiente dado que de cada kilogramo de ingrediente activo que se usa, solo un miligramo a un microgramo alcanzan el objetivo, o sea el sistema nervioso central del insecto a ser destruido.

Una idea de la baja eficiencia que se consigue actualmente es que se considera exitosa una aplicación en la que el cinco por ciento del compuesto alcanzó a llegar al organismo al que fue dedicado. Esto implica que el 95 por ciento restante ha sido desperdiciado, y más aún, que ese porcentaje pasa a ser una fuente de contaminación. Sin embargo, esta aplicación es necesaria para obtener ese cinco por ciento del que hablamos, al menos con los equipos comúnmente usados. Si por ejemplo 80 por ciento del material se recoge en el área destinada a la aplicación y solo 10 por ciento en el blanco, esto causa más contaminación que cuando solo el 50 por ciento llega al área, pero el 80 por ciento cae en el blanco objeto de la aplicación. Esto indica que cuando se ha obtenido un 100 por ciento de control, puede suponerse una gran sobredosis, con la consiguiente contaminación y por lo tanto plantea la pregunta de si debemos tratar de apuntar hacia ese 100 por ciento de control o a otras cifras más reales y económicamente posibles con la consiguiente reducción de contaminación.

El control del tamaño de gotas como medio de aumentar la eficiencia, es una preocupación de muchos investigadores y fabricantes de equipo en los últimos años. Una división grosera del tamaño de gotas en tres categorías, nos indica: 1. gotas muy finas, de hasta 150 micras de diámetro que causan cobertura completa pero están muy sujetas a ser acarreadas por el viento fuera del blanco. Una dosis de aplicación de 45 litros/hectárea produce 1720 gotas/cm² si estas fueran de 50 micras y 254 gotas/cm² si fueran de 150 micras. Las gotas más pequeñas corren el riesgo de mantenerse suspendidas en el aire, evaporándose antes de llegar a depositarse. Sin embargo, estas han sido eficientes en el control de hongos e insectos cuando asperjadas por aparatos que producen finas gotas (ultra bajo volumen) que derivan con el viento hacia el blanco. Ejemplos de esto han sido tratamientos exitosos con algunos fungicidas y aficidas, así como en aplicaciones con herbicidas hormonales como 2,4-D y 2,4,5-T en ambientes forestales, donde el acarreo de agua es difícil y no hay peligro de afectar cultivos susceptibles por la deriva que se produce con estas pequeñas gotas. Estas aplicaciones se hacen con aparatos especialmente diseñados y conocidos como de Ultra Bajo Volumen lo cual define un volumen total de 10 litros de agua por hectárea o menor, pero aún proporciona cierta variación en tamaño de foto; 2. gotas grandes, de 400 micras o mayores. Con estas gotas, un volumen de 45 litros/hectárea producirá solo 13 gotas de 400 micras/cm², de

manera que la cobertura es sumamente pobre pues son muy grandes y caen de las hojas de manera que deben ser evitadas; 3. gotas medianas de 150-400 micras son relativamente estables, no susceptibles a evaporación o acarreo y con una producción de 55 gotas/cm².

Los equipos convencionales producen gotas con un amplio grado de variabilidad en tamaño. Los cambios, tanto en presión como en tamaño de boquillas, se traducen en disminución o aumento del tamaño de gotas pero no en un aumento de uniformidad.

Aplicación de Ultra Bajo Volumen con Control de Gota (ULVA-CDA) Fig. 5)

Por medio de este equipo las gotas son producidas por discos que giran a gran velocidad y mantienen una notable uniformidad de tamaño. Mientras que las boquillas comunes producen gotas que van de 20 a 600 micras, este equipo puede producir gotas en su mayoría de un mismo diámetro, pudiéndose variar este de acuerdo a la velocidad que se imprime a los discos. Como se mencionó, las gotas pequeñas pueden evaporarse o perderse por arrastre antes de llegar al blanco, y las muy grandes son susceptibles de resbalarse de la planta. En el caso de insecticidas, las gotas de 20 micras pueden contener suficiente material tóxico como para aniquilar al insecto, mientras que una de 400 micras de la misma solución contiene 8000 veces más de dicho ingrediente activo, de manera que si no impactan al insecto dejarán un residuo proporcionalmente mayor que el necesario con la consiguiente contaminación. Lo mismo aplica para fungicidas, donde las gotas, producidas por aspersores convencionales no cubren ciertas áreas o algunas gotas grandes caen al suelo. Con la aspersión controlada de este equipo se eliminan en gran parte estos problemas al producirse gotas del mismo tamaño, adecuadas al tipo de blanco a que van destinadas. Los discos están movidos por un motor de bajo consumo que funciona con energía de baterías localizadas en el cuerpo cilíndrico del aparato. Los fabricantes expresan que este equipo es de bajo costo, fácil de mantener y almacenar, bajo peso (solo 3 kilogramos), produce mínima contaminación del medio ambiente, aprovecha al máximo las fuerzas naturales (gravedad y viento), se aplica en cualquier tipo de terreno, produce menor daño físico a la cosecha, etc.

Sin embargo, hay ciertos aspectos que han evitado y limitado su difusión. En primer lugar, parecería ideal para ser utilizado en pequeñas explotaciones, aún cuando el equipo resultara de la eficiencia y calidad proclamada por sus promotores, existe el problema de que el aplicador estaría expuesto al producto concentrado, durante toda la aplicación. Si bien su contacto con él sería mínimo pues estaría limitado a la apertura del recipiente para ser traspasado a la botella del equipo, este sería el producto en su mayor concentración. De manera que al recomendar este equipo a agricultores que no están muy entrenados en los problemas de uso de plaguicidas, incrementaríamos seguramente el número de accidentes fatales.

Obviamente este equipo ofrece grandes posibilidades sobre todo al reducir la contaminación ambiental reduciendo, según se aduce, las dosis necesarias, facilitando aplicaciones en áreas donde el acarreo de grandes volúmenes de agua es difícil o imposible y al ser aparentemente de fácil manejo y liviano. Aún así se requiere mayor experimentación y documentación de su efectividad, aparte de los problemas de intoxicación que pueden surgir por el manejo de concentrados.

Es importante recalcar además que mucho de lo expresado anteriormente sobre este relativamente nuevo equipo, es basado en los argumentos usados por los fabricantes para expresar sus ventajas y no son totalmente endosados por el autor. Hay aún mucho camino por recorrer antes de llegar al equipo ideal que nos permita reducir la dosis al proporcionar una aplicación totalmente selectiva sobre el blanco deseado (posible?), disminuyendo o eliminando el contacto con el operador y con excelente eficiencia y eficacia. Los equipos para Ultra Bajo Volumen han tenido comportamiento variable, si bien la teoría que los sustenta parece lógica y deben aún ser probados extensamente.

Nuevos adelantos en equipos pueden ser la respuesta a preguntas sobre contaminación ambiental. Sin embargo, en el presente debemos ser realistas y utilizar de la mejor forma posible lo existente. El equipo adecuado, e inteligentemente manejado y mantenido es parte de un todo que debe integrar varias disciplinas orientado hacia hacer un uso apropiado de los plaguicidas. El conocimiento de la plaga en su biología y dinámica de población, de los compuestos químicos y sus características y factores que influyen sobre su actividad y degradación, formulaciones toxicología, monitoreo y entrenamiento de personal capacitado en todas estas disciplinas serán necesarios para asegurar un uso adecuado de plaguicidas con los elementos actualmente al alcance, hasta que una nueva tecnología pruebe que pueda superarlos.

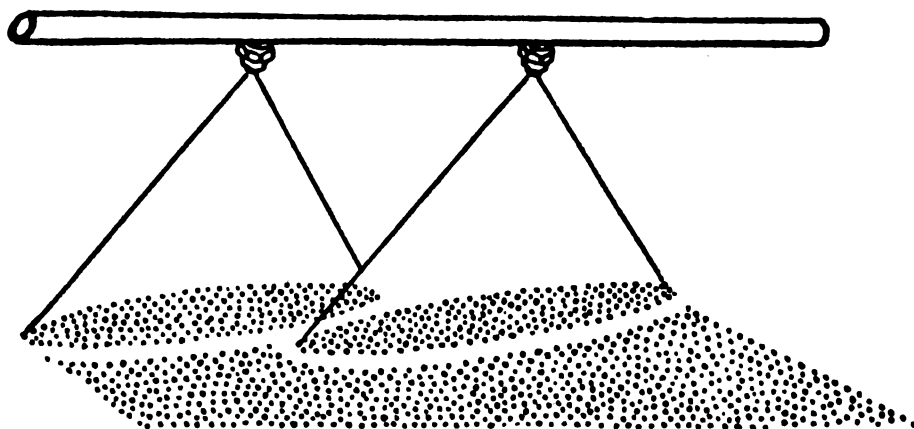


Figura 1. Patrón de aspersión de boquillas de abanico plano mostrando ubicación correcta en el aguilón para obtener superposición.

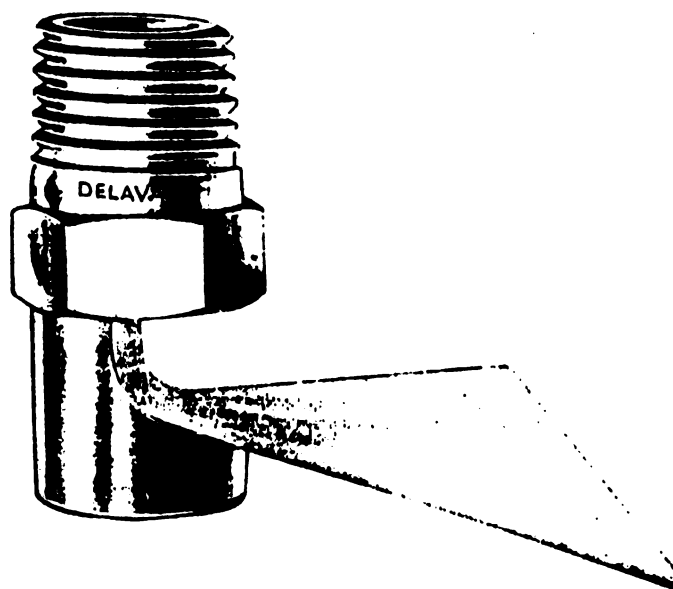


Figura 2. Boquilla de inundación

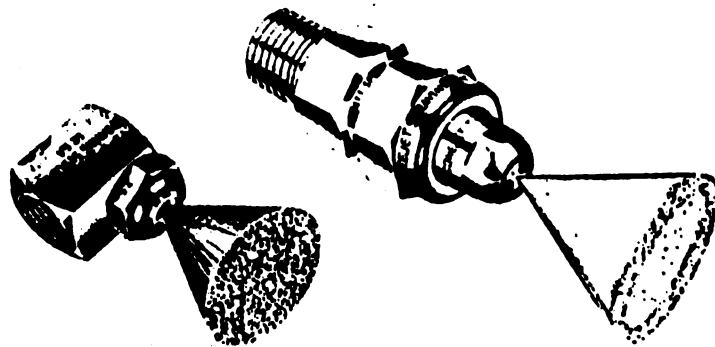


Figura 3. Boquillas productoras de cono sólido (izq.) y hueco (der.)

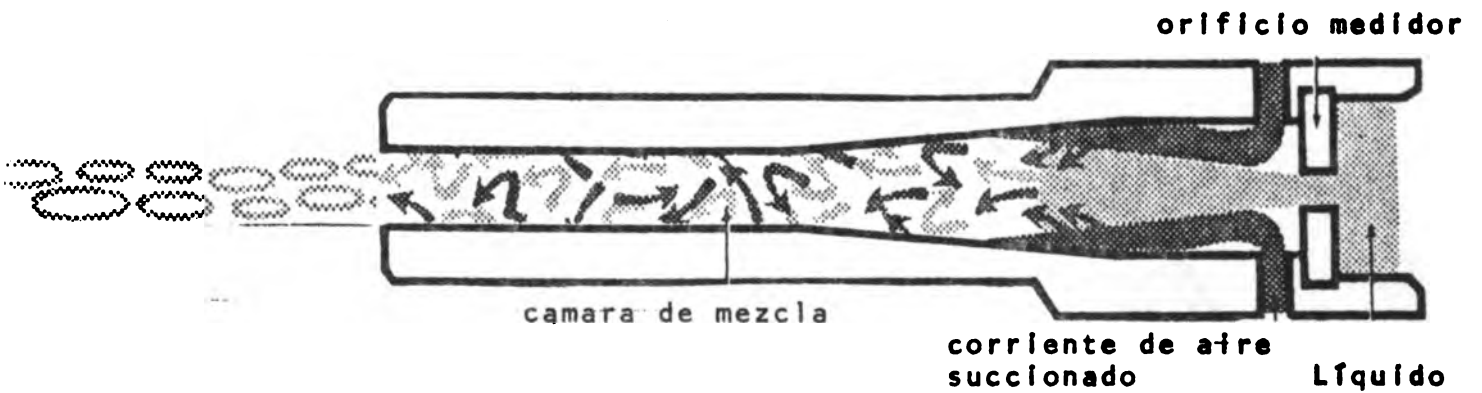


Figura 4. Boquilla productora de espuma

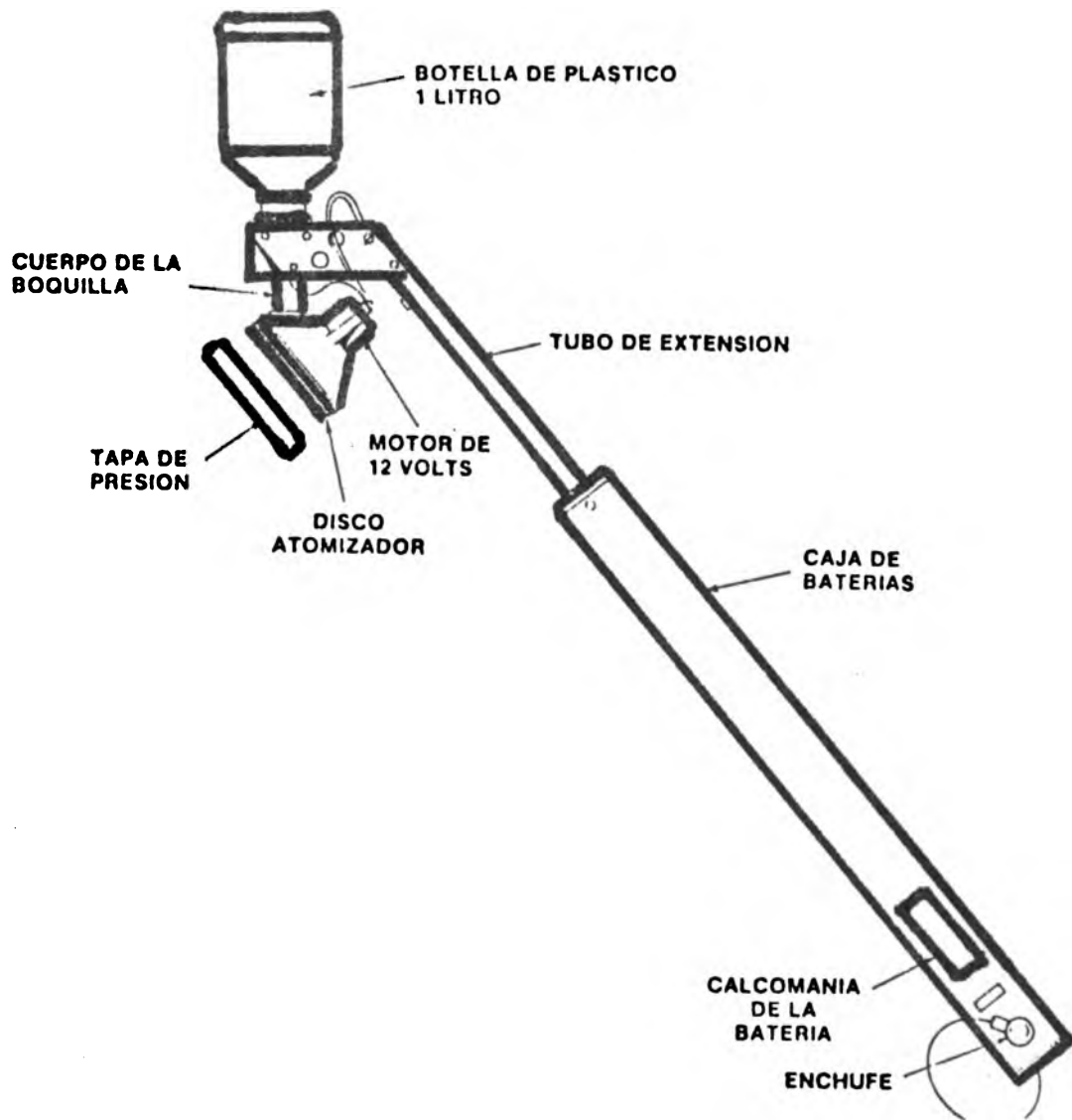


Figura 5. Equipo de aspersión micron ULVA en posición extendida

REFERENCIAS

1. DEUTSCH, A. E. and A. Pool (eds.) 1972. Manual of Pesticide Application Equipment. International Plant Protection Center. Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331.

2. DEUTSCH, A. E. (ed.) 1976. Una Lista Parcial y Mundial y Clasificada de Fabricantes de Equipos para la Aplicación de Pesticidas. International Plant Protection Center. Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331.