



TÉCNICAS FITOSANITARIAS

EL TRANSPORTE DE LAS GOTAS



Para que una determinada materia activa sea eficaz, debe de distribuirse en la dosis recomendada y de manera uniforme sobre el objetivo. Esto significa que el equipo debe de ajustarse para que aplique la dosis establecida, incorporada en un diluyente, como el agua, que facilita una distribución uniforme de las gotas, con un diámetro preciso, que se depositen sobre el objetivo.



En una primera etapa está la formación de gotas, proceso que se denomina pulverización, pero estas gotas deben de alcanzar el objetivo, para lo cual se necesita buscar un procedimiento de transporte, al que muchas veces se considera de importancia secundaria.

Pero en una tratamiento fitosanitario todas las cosas tienen la misma im-

portancia; al igual que cuando se construye un castillo de naipes, colocando mal la primera o la última carta todo se viene abajo. Sin duda, el transporte de las gotas al objetivo, dando por supuesto que todos los demás parámetros del tratamiento son óptimos, es el 'último naipe' de tan particular castillo. Por ello merece la pena que se le preste la debida aten-

Pulverizador hidráulico de tractor. Las gotas llegan al objetivo gracias a su propia energía cinética (chorro proyectado).

ción. En las líneas que sigue a continuación se analizan las técnicas disponibles para el transporte de las gotas.

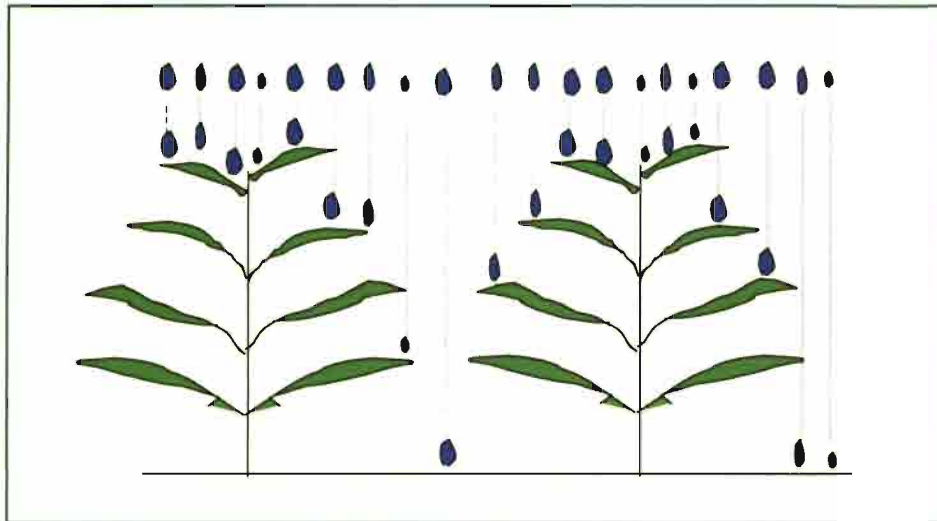


Figura 1. – La pulverización hidráulica posee poca capacidad de penetración y cobertura si el objetivo tiene una alta densidad foliar. El tallo, las hojas más bajas y el envés apenas reciben producto, parte del cual puede perderse en el suelo.

APROVECHANDO LA ENERGÍA CINÉTICA DE LAS GOTAS

En este caso, los equipos reciben a veces el nombre de pulverizadores de chorro proyectado. Pertenecen a este grupo los pulverizadores hidráulicos (formación de gotas por presión hidráulica).

El sistema de chorro proyectado tiene una serie de inconvenientes, los principales de los cuales son una escasa capacidad de cobertura y una débil penetración en objetivos de elevada densidad foliar (Fig. 1).

Estos inconvenientes son menos acusados en el caso de la pulverización centrífuga, por la finura de las gotas que, sometidas a pequeñas turbulencias en el seno del objetivo, tienen más capacidad de penetración. Sin embargo, frente a esta ventaja de la pulverización centrífuga se encuentra el inconveniente de que la energía cinética de las gotas es, debido a su pequeña masa, menor, lo que convierte a estos equipos en más sensibles al efecto de la deriva. En suma, el sistema de chorro transportado en la pulverización centrífuga se caracteriza por una penetración y una cobertura razonables siempre que las condiciones ambientales sean favorables.

RECURRIR A LA ASISTENCIA CON AIRE

Esta técnica se caracteriza por emplear aire generado por un ventilador propio del equipo para conseguir superar los inconvenientes del sistema anterior. El aire, además de transportar las gotas, remueve la masa foliar del objetivo, facilitando su cobertura.

Si el aire no interviene en la formación de las gotas, hay dos grandes grupos de pulverizadores: los destinados a tratar cultivos bajos, que se denominan pulverizadores hidráulicos

con asistencia de aire (Fig. 2) y los empleados en tratamientos arbóreos, denominados pulverizadores hidroneumáticos o atomizadores en términos más comerciales. En rigor, los primeros son también pulverizadores hidroneumáticos, pero esta terminología se ha impuesto, por tradición, para referirse a los segundos.

Con los pulverizadores hidráulicos asistidos por aire pueden efectuarse tratamientos con velocidades de viento de 7-8 m/s (no lateral), mientras que el tope práctico para la pulverización hidráulica convencional se sitúa en torno a los 3 m/s, valor a partir del cual la deriva es muy acusada.

En otros equipos, la misma corriente de aire participa en el proceso de formación de gotas y en el transporte de éstas. Ocurre así en los pul-

“El aire transporta las gotas y remueve la masa foliar del objetivo, facilitando su cobertura”



Pulverizador centrífugo de chorro proyectado.

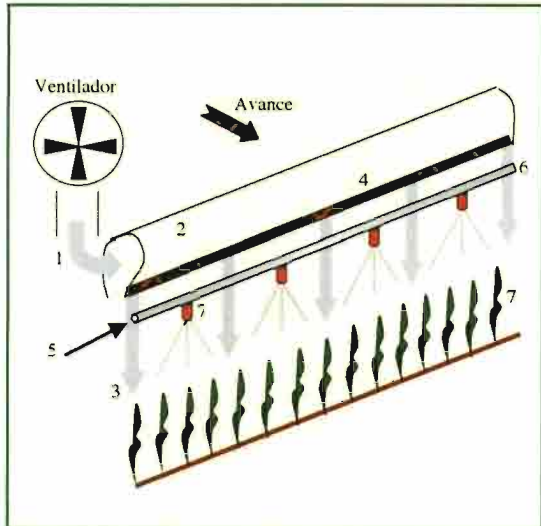


Figura 2.— Vista esquemática de la barra de un pulverizador hidráulico con asistencia de aire (chorro transportado). Un ventilador propio del equipo, accionado por la toma de fuerza del tractor, genera una corriente de aire (1) que se canaliza por la manga flexible (2), y sale (3) según la orientación de la pletina (4). El caldo (5) llega a la tubería (6) y finalmente se pulveriza en las boquillas (7). El aire transporta las gotas y remueve las hojas del objetivo (7) de forma que el producto puede llegar al tallo y al envés de las hojas. Por otra parte, el aire del equipo actúa de pantalla y evita en gran medida la deriva del producto.

verizadores neumáticos (llamados corriente e impropriamente nebulizadores, y en el sistema centrífugo Micro-nair.

TRANSPORTE MEDIANTE ASISTENCIA ELECTROSTÁTICA

Además de los sistemas mencionados, hay otros menos frecuente y, por ello, prácticamente desconocidos. La asistencia electrostática consiste en suministrar una carga eléctrica a las gotas con el fin de mejorar su deposición en el objetivo. Las gotas pueden ser cargadas después de haber sido formadas por alguno de los sistemas estudiados anteriormente, o bien car-

gando el chorro de líquido antes de ser pulverizado. En este último caso, la carga electrostática del chorro contribuye en cierta medida a la pulverización.

El propósito principal de esta técnica es que las gotas cargadas eléctricamente sean atraídas por cargas de signo contrario en el objetivo, de forma que se consiga una cobertura completa de éste, incluso en lugares de difícil acceso como el envés de las hojas.

La cobertura se ve mejorada también por el hecho de que todas las gotas resultan cargadas con la misma po-

laridad, dispersándose, por repulsión eléctrica, en el seno del objetivo. El fenómeno de deriva de las gotas más pequeñas se ve atenuado gracias a la atracción eléctrica entre gotas y objetivo. Por las razones mencionadas, la asistencia electrostática aspira a realizar tratamientos eficientes con un menor gasto de materia activa. Veamos algunas alternativas que se han utilizado para cargar electrostáticamente las gotas.

Sistema de corona, carga iónica o campo ionizado

En el entorno de la salida de las gotas se colocan uno o más electrodos conectados a una fuente de alta tensión (Fig. 3). En el interior del campo eléctrico se producen gran número de iones positivos y negativos. Los iones con signo opuesto al de los electrodos son atraídos por éstos y neutralizados, mientras que los iones de igual signo son repelidos, ionizando la zona en la que se mueven. Las gotas se ven así sometidas a sucesivas colisiones con iones de igual signo que los electrodos, cargándose con la misma polaridad que éstos.



Pulverizador hidráulico de chorro transportado. Se emplea mucho en España en zonas en las que el viento reinante restringe mucho el tiempo disponible para las aplicaciones. Izquierda: sistema inactivo; abajo, activo.



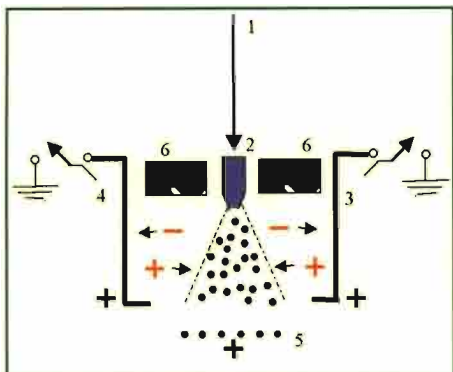


Figura 3.– Sistema ‘corona’ para producir carga electrostática. (1) caldo, (2) boquilla, (3) y (4) electrodos sometidos a alto voltaje, (5) gotas cargadas con igual signo que los electrodos, (6) aislamiento.



Sistema de inducción

Este método ha sido ensayado con éxito con pulverizadores neumáticos, hidroneumáticos, centrífugos y termonebulizadores, empleándose un voltaje de 70 kV y tamaños de gota comprendidos entre 50 y 110 micrometros.

Se emplea un electrodo sometido a alto voltaje, aislado respecto a la boquilla, situado cerca de la misma y de la zona de formación de gotas

(Fig. 4). Los electrones de las gotas son atraídos por el electrodo positivo, resultando las gotas con carga positiva. La cantidad de carga inducida es proporcional al voltaje aplicado.

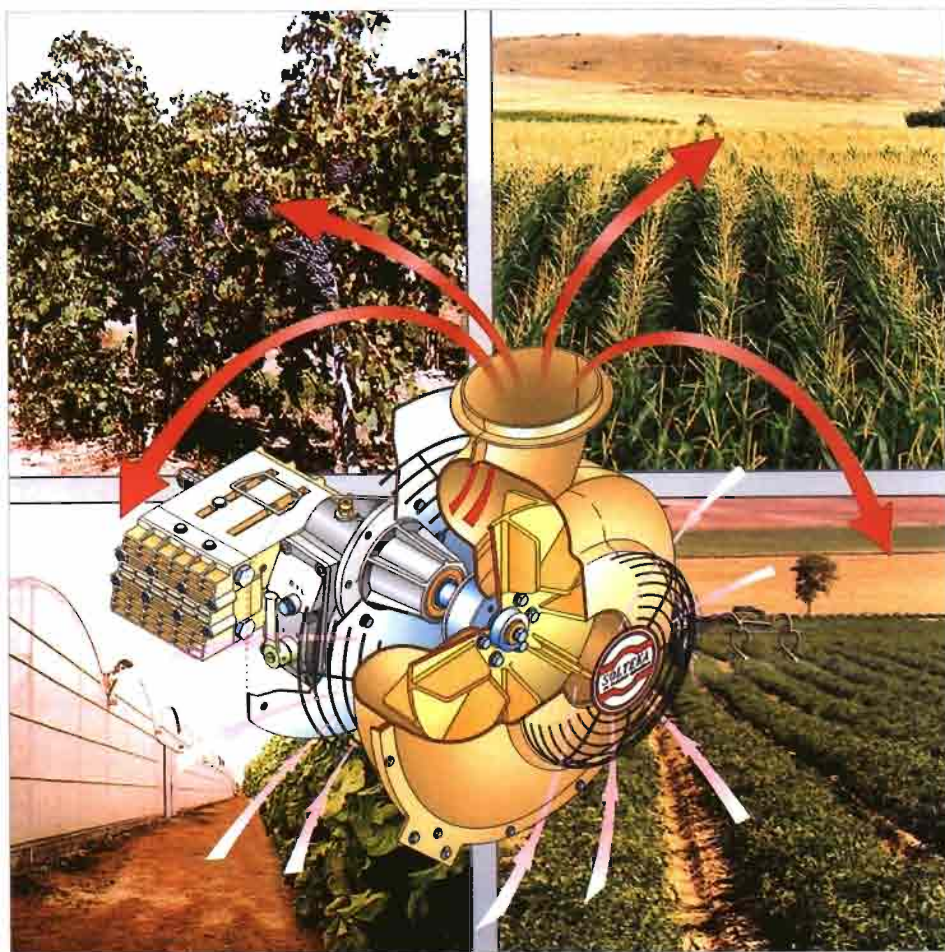
El método de inducción es considerado más eficiente y sencillo que el sistema corona. Además, necesita un voltaje más bajo (2 kV en pulverización neumática y 10 kV en pulverización hidráulica).

Sistema de contacto

Consiste en conectar un alto potencial eléctrico a la boquilla o al caldo, a través de un electrodo (Fig. 5). El caldo se carga por conducción y las gotas formadas posteriormente permanecen con idéntica carga. Se estima que la carga proporcionada al caldo contribuye, por repulsión eléctrica, a la pulverización. El sistema de contacto requiere un aislamiento muy bueno del pulverizador, para evitar riesgos de accidentes.

Una vez cargadas las gotas, éstas pueden ser atraídas por cargas de signo contrario en el objetivo, fenómeno que puede denominarse deposición electrostática. Dicha deposición depende, evidentemente de dos hechos: que se dote de carga a las gotas y que existan o se induzcan cargas de signo contrario en el objetivo.

Ambas circunstancias deben darse simultáneamente para que la técnica resulte eficaz. Gracias al trabajo de numerosos investigadores puede afir-



Los pulverizadores neumáticos, en los que el aire es responsable de la formación y el transporte de gotas, dan muy buen resultado en diferentes cultivos.

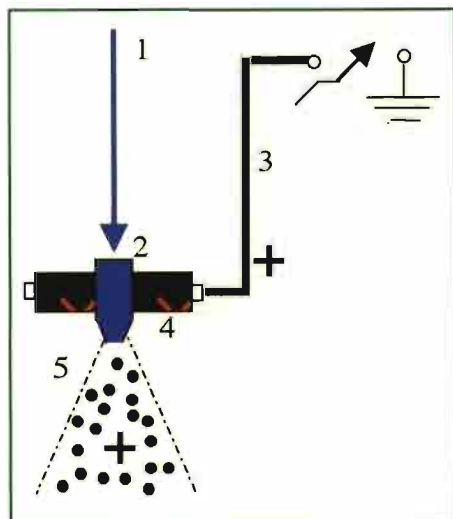


Figura 4.– Sistema de inducción para producir carga electrostática. (1) caldo, (2) boquilla, (3) electrodo sometido a alto voltaje, (4) gotas cargadas con igual signo que el electrodo, por inducción, al abandonar la boquilla.

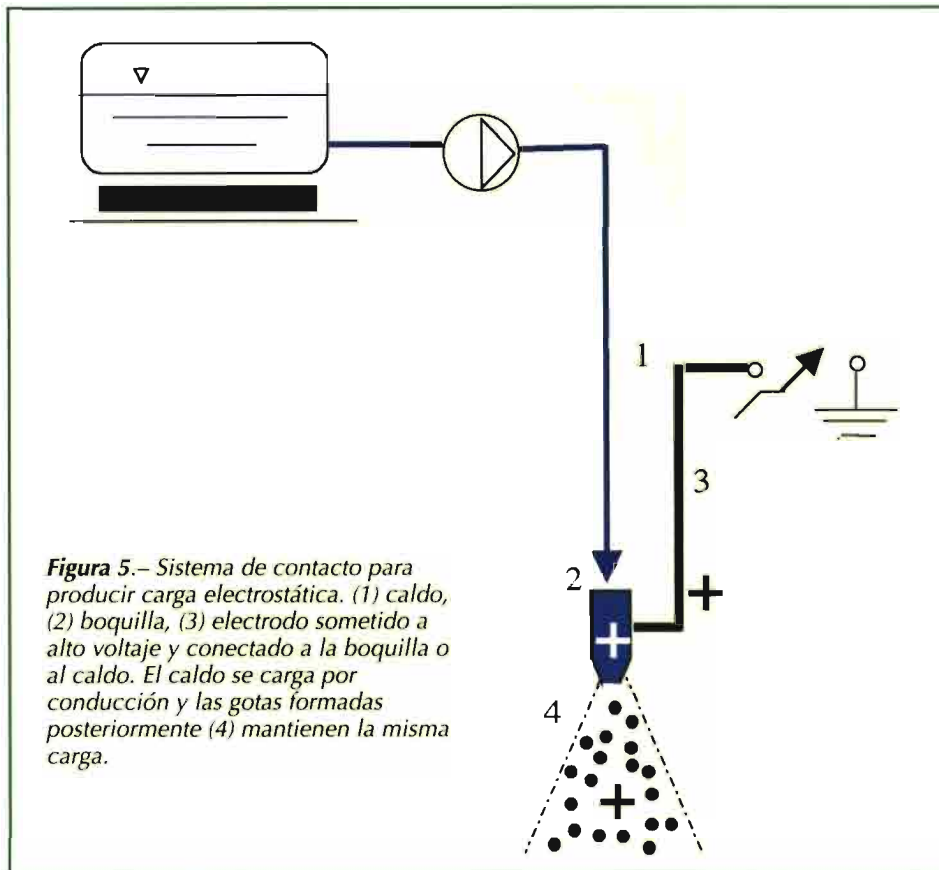


Figura 5.– Sistema de contacto para producir carga electrostática. (1) caldo, (2) boquilla, (3) electrodo sometido a alto voltaje y conectado a la boquilla o al caldo. El caldo se carga por conducción y las gotas formadas posteriormente (4) mantienen la misma carga.

marse que es ciertamente difícil que esto ocurra en gran número de casos prácticos. La razón es que la deposición electrostática depende de muchos factores:

- **Humedad relativa del aire.** La deposición electrostática disminuye al

incrementarse la humedad relativa. Ciertas investigaciones han mostrado una disminución del 50% al pasar del 10 al 96% de humedad relativa. Sin embargo, este factor no influye en la deposición convencional.

- **Conductividad eléctrica.** La carga por litro de caldo depende de la con-

ductividad del mismo y del voltaje aplicado. La conductividad determina el sistema idóneo de producción de carga. Los sistemas de contacto e inducción no son aptos para caldos de baja conductividad, mientras que el sistema de corona es viable en un amplio intervalo de valores de la conductividad.

- **Constante dieléctrica del caldo.** Se ha demostrado que la carga eléctrica alcanzada en las gotas aumenta al hacerlo dicho parámetro, sobre todo en los sistemas de corona e inducción.

- **Densidad del caldo.** Tiene efecto tanto en el proceso de pulverización como en la adquisición de carga por parte de las gotas. Los caldos empleados en las técnicas de bajo, medio y alto volumen tienen una densidad semejante a la del agua, pues la materia activa está muy diluida. Sin embargo, la densidad de las formulaciones para Ultra Bajo Volumen (UBV) varía mucho (0.8 a 1.2 g/cm³). Se requiere más investigación al respecto.

- **Viscosidad dinámica del caldo.** A igualdad del resto de condiciones, cuanto mayor es la viscosidad diná-



Equipo manual Micronair. Una corriente de aire mueve el cabezal centrífugo que forma las gotas, y posteriormente las transporta hacia el objetivo. Se emplea con notable éxito en España en tratamientos del olivar y contra langosta, entre otros (cortesía de Selvática).



Pulverizador neumático con asistencia electrostática, modelo kwh de Martignani.

mica de un caldo, mayor es el diámetro de las gotas formadas. Por lo tanto, el campo eléctrico afectará a menos gotas de mayor tamaño, lo que desde un punto de vista teórico tiene que influir en la carga electrostática alcanzada en las gotas. No se ha investigado aún en detalle este aspecto, que afecta también especialmente a la técnica de UBV, en la que se emplean muchas formulaciones oleosas.

- **Tensión superficial del caldo.** De forma semejante al parámetro anterior, cuanto mayor es su valor, mayor es el diámetro de las gotas formadas. La tensión superficial del caldo determina la máxima carga eléctrica que puede alcanzar una gota. El agua corriente posee una tensión superficial de unos 72 mN/m. Un valor típico de las emulsiones es 40 mN/m. Según la concentración y naturaleza de la materia activa, los caldos en forma de solución pueden tener valores entre 30 y 73 mN/m, y las suspensiones entre 30 y 72 N/m. Estas cifras dan idea de la importancia práctica del valor de la tensión superficial a efectos de cargar electrostáticamente las gotas.

“**Mediante la carga eléctrica de las gotas se facilita que alcancen el objetivo con menor deriva**”

- **Condición biológica de la planta.** Algunas investigaciones muestran que la eficacia de la deposición disminuye si la planta se encuentra en condiciones de estrés hídrico.
- **Planta.** La presencia o inducción de carga eléctrica en la parte aérea depende del tipo de planta, habiéndose observado que el fenómeno se da con preferencia en la zona apical. Dentro de una misma planta se han constatado diferencias apreciables a nivel varietal. Cuando la carga eléctrica de la planta se concentra en la zona apical no puede aspirarse a una cobertura óptima del objetivo.

De este modo, puede afirmarse que actualmente la asistencia electrostática no es una técnica consolidada, por el gran número de factores que afecta a su eficacia. No obstante, existen máquinas comerciales al alcance de los agricultores con las que se han obtenido buenos resultados en ciertas condiciones.

Si se plantea, ante carencias evidentes de un tratamiento convencional, la posibilidad de adquirir pulverizadores que dispongan de asistencia electrostática, lo más recomendable es efectuar pruebas previas reproduciendo fielmente todas las condiciones reales del tratamiento, evaluando la deposición en las zonas difíciles con tarjetas hidrosensibles u óleosensibles.



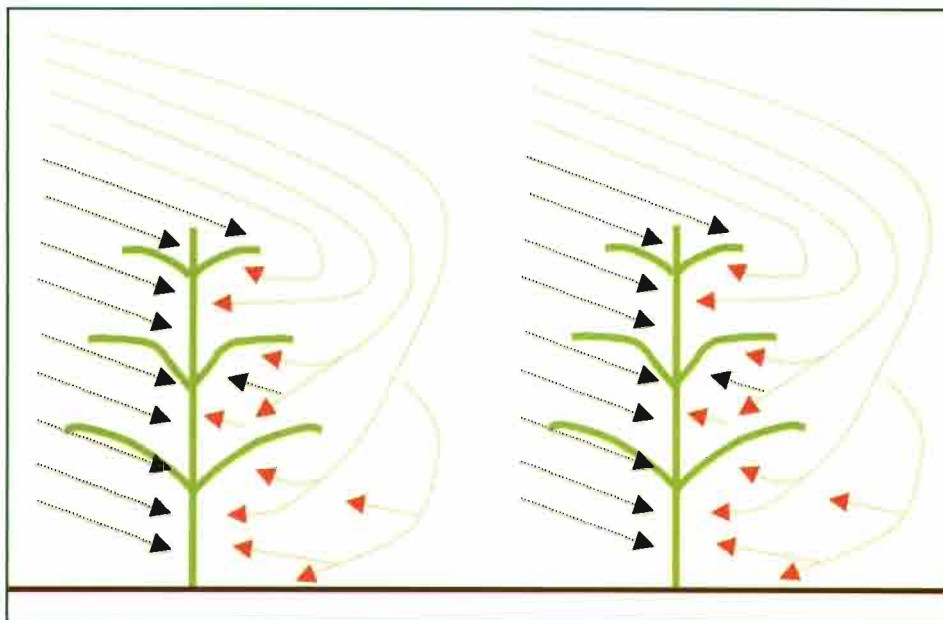


Figura 6.— Por efecto de la deriva (flechas en negro) y de los vórtices (flechas en rojo) las gotas inferiores a 100 micras pueden depositarse en el objetivo en ambas caras de los tallos y de las hojas.



■ OTRAS ALTERNATIVAS

Los anteriores sistemas los mas frecuentemente utilizados en los equipos de pulverización para conseguir que las gotas lleguen al objetivo, pero también pueden utilizarse las condiciones ambientales para conseguir un efecto similar.

Este es el caso de lo que se puede definir como transporte por deriva y turbulencias de aire en el entorno de las plantas (Fig. 6).

Cuando las gotas son inferiores a 100 micrometros y por la naturaleza del caldo o las condiciones atmosféricas (temperatura y humedad relativa) no se evaporan antes de llegar al objetivo, puede aprovecharse el viento reinante (2-3 m/s generalmente) para que transporte y distribuya el producto uniformemente en el objetivo.

“ Si el producto no llega al objetivo que se desea el tratamiento resulta ineficaz ”

Este fenómeno coexiste con la formación de turbulencias en el seno del cultivo. La técnica se emplea mucho en tratamientos UBV aéreos y terrestres, así como en la técnica de nebulización en frío en invernaderos, que requiere de ventiladores.

El fenómeno aislado de la deposición por turbulencia se da en el interior de los invernaderos si no hay corrientes de aire durante la aplicación (termonebulización). En los tratamientos en campo abierto, además de evitarse la evaporación, debe verificarse que la deriva no es tan grande que transporte producto fuera del área objetivo.

A MODO DE CONCLUSIÓN

En resumen, la regulación de los equipos, y en especial todo lo que afecta a la última fase del proceso, el transporte de las gotas, es esencial, pero también difícil ya que depende de muchos parámetros que escapan de nuestro control. No debe olvidarse, por elemental que parezca, que si el producto no llega al objetivo, no sirve de nada cambiar de materia activa.

Una alto directivo de una fábrica multinacional de pulverizadores, recién llegado al sector, tras 25 años de trabajo en Bayern, comentaba, en unas sesiones técnicas de maquinaria, que acababa de descubrir la razón del fracaso en campo de materias activas extraordinarias en laboratorio.

Lamentablemente, hemos sido testigo, en pruebas de campo en olivares, de tratamientos que literal-



Utilizando tarjetas hidrosensibles u óleosensibles, el agricultor puede optimizar la cobertura del objetivo y, en consecuencia, el tratamiento fitosanitario. En la foto, conjunto de tarjetas obtenidas tras un tratamiento en invernadero, en Villa del Prado (Madrid).

mente 'regalaban el producto al viento'. Las tarjetas hidrosensibles u óleosensibles son los mejores alia-

dos para comprobar si el producto llega a su lugar, antes de que sea demasiado tarde. ■

Visítenos en **FIMA**



32ª FERIA INTERNACIONAL DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA



**Zaragoza,
del 25 al 29
de marzo
de 2003.**

Abierta de 10 a 19 h.

**Pabellón 6
calle F nº 10**

B&H
Blake y Helsey España, S.L.
Editores