



# LO QUE LOS AGRICULTORES DEBEN SABER SOBRE LA FUMIGACIÓN ELECTROSTÁTICA

Presentación de conceptos  
Guía de información  
Informes de investigación sobre—

- El impacto sobre el medio ambiente
- La cobertura de químicos
- La seguridad del empleado
- El impacto en el cultivo
- El control de insectos y enfermedades

**Electrostatic Spraying Systems, Inc.**

62 Morrison Street • Watkinsville, GA 30677  
(706) 769-0025 FAX: (706) 769-8072



## **Una nueva época en la aplicación química de pesticidas**

Recientemente, se ha desarrollado un fumigador electrostático que utiliza una tecnología llamada “air-assisted electrostatics” (la electrostática con asistencia aérea). Sencillo en su diseño, este sistema es capaz de aumentar el control de insectos y enfermedades en el cultivo, y a la vez, reducir la cantidad de agua y agroquímicos aplicados. Este fumigador también es instrumental para los agricultores que desean usar químicos que no dañan el medio ambiente.

El propósito de este librito es presentarles este nuevo sistema. Para ayudarles a los agricultores a entender e implementar esta tecnología electrostática, se ha incluido los resultados de varias pruebas de campo que demuestran la eficacia de varios modelos de fumigadores electrostáticos ESS.

Los conceptos utilizados en la fumigación electrostática no son nuevos. Todos los automóviles fabricados en el mundo se pintan utilizando la electrostática. Los fumigadores electrostáticos reducen el desgaste y la pérdida de químicos por un 50%.

La electrostática fue refinada para fines agrícolas por la Universidad de Georgia durante los ochenta. Ahora es posible usar pesticidas en la fumigación electrostática. ESS, Inc. introdujo esta tecnología en el mercado comercial en 1989. Desde entonces, numerosas pruebas se han realizado para comprobar su eficacia. Algunas de estas pruebas se presentan en este informe.

## **Agradecimientos**

ESS quiere agradecer a las siguientes instituciones para su visión, sus fondos de investigación y sus esfuerzos científicos.

American Floral Endowment  
Binational Agricultural Research Foundation  
Bedding Plant Foundation, Inc.  
California Association of Nurserymen  
California Dept. of Pesticide Regulation of CDFA  
California Strawberry Advisory Board  
Cornell University  
Cotton Incorporated  
Georgia Experiment Stations  
Grace Sierra Crop Protection Company  
The Ohio State University  
Sandoz Crop Protection Company  
The Society of American Florists (SAP)  
The University of California at Davis  
The University of Georgia  
United States Dept. of Agriculture, SBIR Program

© Copyright Electrostatic Spraying Systems, Inc. 2006. All rights reserved.

## ¿Qué es la fumigación electrostática?

Los fumigadores electrostáticos producen un vapor de gotitas con carga eléctrica que se lleva a la planta a través de un flujo de aire en alta velocidad. Este proceso resulta dos veces más eficaz en depositar los químicos que el de los fumigadores hidráulicos y los fumigadores no electrostáticos. La fumigación electrostática optimiza el control de insectos y enfermedades, y a la vez reduce el costo de aplicación. ESS produce varios modelos de fumigadores electrostáticos para el uso con pesticidas agrícolas. Fumigadores de mano y sistemas automáticos de fumigación en neblina funcionan muy bien en invernaderos. Para el cultivo de campo, hay varios tamaños de fumigadores con enganche de tres puntos.



Figura 1. Fumigador electrostático para aplicaciones en invernaderos.

Otra innovación reciente en la fumigación electrostática es el desarrollo de sistemas automáticos operados por reloj. Tales sistemas sirven muy bien en la fumigación de invernaderos. Un vapor con carga eléctrica entra en el aire del invernadero mediante un ventilador oscilante. Puesto que

todas las gotas llevan la misma polaridad, se repulsan y se distribuyen equilibradamente por todo el invernadero. Cuando las gotas se acercan a la planta, son atraídas eléctricamente a la superficie de la planta. Con una sola máquina ESS Automatic, se puede fumigar más de 25,000 pies cuadrados en una sola aplicación.



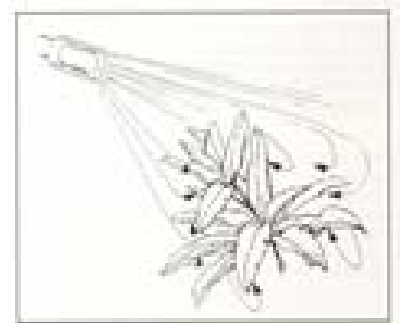
## Introducción a los conceptos



Figura 3. Un fumigador electrostático con enganche de tres puntos en un campo de calabaza. La carga electrostática asegura una cobertura uniforme de la planta.

Las gotitas con carga electrostática cubren la hoja entera, aun hasta las caras inferiores.

El soplo de aire turbulento lleva el vapor al fondo del dosel de



La boquilla utiliza aire comprimido para atomizar el vapor y llevar las gotitas a las plantas en una nube turbulenta. La electrostática significa que las gotitas llevan una carga eléctrica. Por motivo de esta carga, las gotitas son atraídas a la superficie de la planta en vez de quedarse en el aire o caer al suelo. Al usar la asistencia de aire comprimido en combinación con la electrostática, la cantidad de vapor que llega a la planta aumenta de una manera significativa. En pruebas recientes, se ha comprobado que la fumigación electrostática aumenta la cobertura en la cara inferior de la hoja más de 70 veces. Todo esto es importante en reducir el costo de aplicación y el efecto dañino de las pesticidas en el medio ambiente.

## Introducción a los conceptos

### Cubriendo la cara inferior de la hoja a través de la electrostática “envolvente”

La carga electrostática causa una fuerza atractiva entre las gotitas de vapor y la planta. El concepto es parecido a la atracción electrostática que se genera en la secadora entre una camisa y unos calcetines.

La carga de las gotitas en el vapor es baja, pero la fuerza atractiva que causa entre la planta y las gotitas es grande porque las gotitas son de bajo peso. La fuerza eléctrica que atrae el vapor hacia la planta es 40 veces más grande que la fuerza de la gravedad. Esto significa que las gotas cambiarán su dirección de movimiento, y fluir hacia arriba contra la gravedad cuando se acerquen a la superficie de la hoja. La figura 5 es una magnificación de una fotografía de gotitas cargadas siendo atraídos hacia una hoja. Las gotitas cambian su dirección de movimiento para cubrir la cara inferior de la hoja y el dorso del tallo. Este fenómeno sorprendente, causado por la electrostática se llama “la electrostática envolvente.”



Figura 5. Un vapor electrostático acercándose a una hoja. Las gotitas cambian su dirección de movimiento y cubren la cara inferior de la hoja.

La eficacia de la cobertura del vapor tiene que ver con la uniformidad de las gotitas sobre la superficie de la planta. La figura 6 muestra la calidad de cobertura que se puede lograr con un fumigador electrostático en comparación con un fumigador hidráulico. La cobertura en la cara inferior es mejor por motivo de la electrostática envolvente. La uniformidad es mejor por causa de la turbulencia aérea y el tamaño consistente de las gotitas. El control de insectos y enfermedades es mejor porque éstos tienen mayor posibilidad de contactarse con una gotita. Además, muchas veces la quemadura química se reduce porque la pesticida no se acumula en gotas grandes. (Véase también las fotografías microscópicas en las páginas 8 y 9).

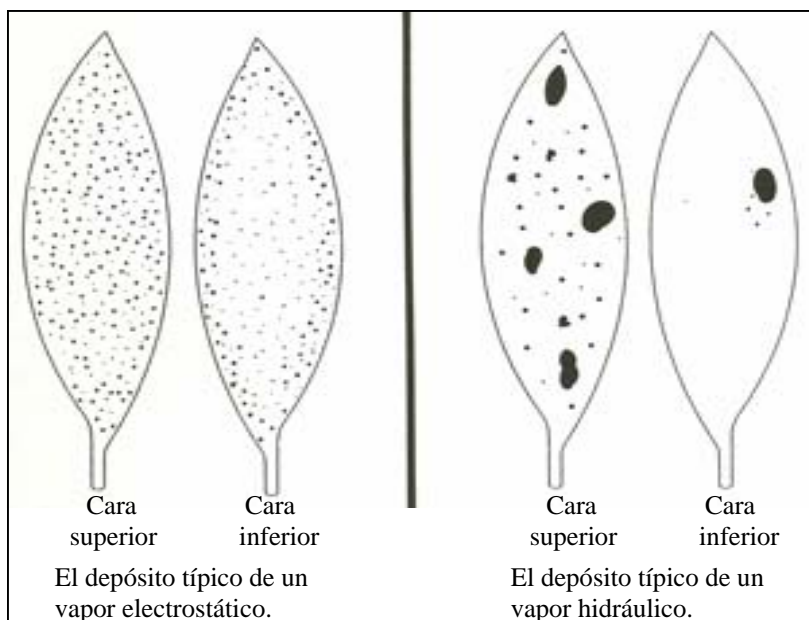


Figura 6. Estos dibujos se hicieron basándose en evaluaciones microscópicas de los depósitos de vapor dejados sobre las hojas de plantas. La cobertura lograda con un fumigador electrostático es más nítida. El vapor está bien distribuido sobre ambas caras de las hojas. Los fumigadores hidráulicos producen gotitas que varían en tamaño, y se agrupan sobre la hoja.

### La fumigación de bajo volumen

Los fumigadores ESS son fumigadores de bajo volumen. Esto significa que la cantidad de agua que requiere para su operación es 10 a 25 veces menos que la de los fumigadores hidráulicos estándares. El tamaño uniforme de las gotitas y la mejor cobertura de la hoja hacen que los fumigadores ESS no requieran tanta agua. Por consiguiente, no es necesario hacer tantas idas y vueltas para llenar el tanque de agua.

## Como funciona la boquilla ESS

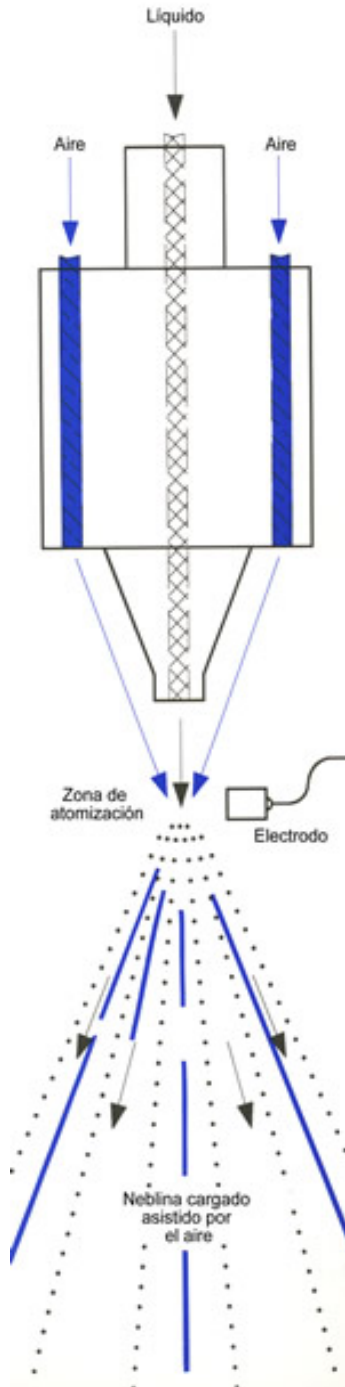
La parte clave del fumigador electrostático es la boquilla patentada que atomiza el aire y le otorga una carga eléctrica. Esta boquilla fue diseñada y refinada en la universidad de Georgia.

El aire y el líquido entran separados en la parte posterior de la boquilla. El aire fluye a una alta velocidad a lo largo de la boquilla y choque con el líquido en la punta de la boquilla, causando la formación de numerosas gotitas de vapor. El diámetro de las gotitas es de 30 a 60 micrones. La presión de aire que el sistema requiere es de 30 a 40 psi. Para lograr una atomización equivalente con un fumigador hidráulico, se requiere casi 3000 psi.

Mientras que el vapor es atomizado, un electrodo coloca una carga eléctrica sobre cada gotita. En seguida, la fuerza del flujo turbulento de aire lleva las gotitas cargadas a la planta.

La carga electrostática de las gotitas del vapor es negativa. La carga positiva de la planta atrae las gotitas a la superficie de la planta. Las gotitas cargadas siguen líneas de fuerza eléctrica y envuelven las hojas y el tallo de la planta, como se ha visto en la figura 5. Las gotitas cargadas pierden su carga eléctrica cuando llegan en contacto con la hoja.

Este modelo de boquilla es autolimpiable. Cuando se para el flujo de líquido, la presión del aire saca el vapor que sobra.



## Introducción a los conceptos

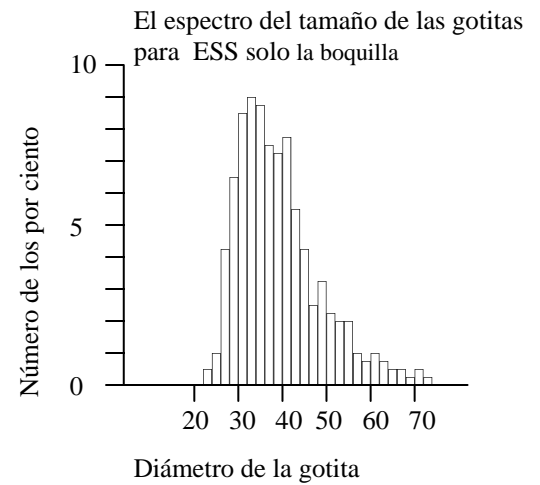


Figura 7. El espectro del tamaño de las gotitas es estrecho, con un pico bien definido. Al cambiar la presión del aire o la velocidad del flujo de líquido, se puede ajustar el tamaño para fumigadores de campo, fumigadores de mano, o fumigadores de neblina.

El aire circula constantemente por la boquilla, manteniendo así las vías despejadas, y reduciendo la necesidad de mantenimiento. La vía líquida tiene un diámetro más grande que la mayoría de los fumigadores hidráulicos convencionales. Esto ayuda a prevenir que la vía se atasca.

La boquilla no se desgasta tanto como la boquilla de fumigadores hidráulico, aun con el uso de polvos mojables. Las boquillas de fumigadores hidráulicos se desgastan porque el líquido abrasivo pasa por la apertura bajo alta presión. En comparación, la boquilla atomizador electrostática utiliza una presión muy baja. El proceso de atomización ocurre sin fricción, porque se realiza en el aire libre, justo delante de la punta de la boquilla.

## Informes de investigación sobre el depósito del vapor

Varios tipos de estudios que evalúan el fumigador electrostático han sido realizados por investigadores en varias universidades. Estos estudios generalmente enfocan en uno de cuatro temas importantes:

1. el análisis del depósito y el alcance del vapor.
2. el control de insectos y enfermedades
3. la seguridad del trabajador y del medio ambiente
4. la seguridad del cultivo

### El depósito y el alcance del vapor

La prueba del depósito tiene que ver con la cantidad de vapor que se deposita sobre las hojas de las plantas. La eficacia del fumigador se indica por la cantidad de vapor depositado. Una baja cantidad depositada indica que el vapor no está dando en el blanco; puede ser que esté corriendo al suelo, o flotando en el aire más allá de la planta. Muchas veces las pruebas del depósito concentran en medir la cantidad de vapor en la cara inferior de la hoja o dentro del dosel de la planta, donde se hallan la mayoría de los problemas con insectos y enfermedades.



Figura 8. Fumigador electrostático diseñado para cultivos de fila.

La figura 9 enseña los resultados de una prueba extensiva hecho por los Georgia Agricultural Experiment Stations. El brócoli es un cultivo excelente para probar, porque las plantas forman doseles profundos con numerosas capas de hojas. En esta prueba un polvo trazador fluorescente se añadió al tanque, las plantas se fumigaron, y la cantidad de vapor trazador en cada hoja individual se midió.

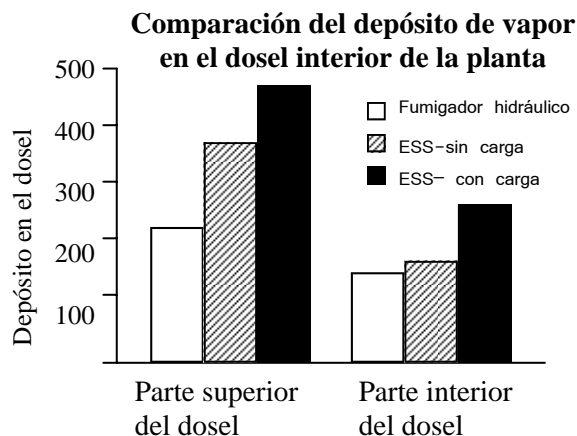


Figura 9. Este gráfico muestra la cantidad de ingredientes activos depositados en las hojas del brócoli. El depósito del vapor en las hojas del dosel interior es dos veces más grande con el uso del fumigador electrostático.

En brócoli, el fumigador electrostático depositó 72% más del ingrediente activo que el fumigador convencional, y 49% más que el fumigador sin carga eléctrica.

Para controlar la mayoría de los problemas con insectos y enfermedades, es necesario que se cubra la parte interior del follaje de la planta. Las pruebas hechas con brócoli demuestran que el fumigador electrostático deposita dos veces más vapor en las partes interiores que el fumigador convencional hidráulico y el fumigador sin carga eléctrica.

En los demás estudios que prueban el depósito del vapor, el fumigador electrostático depositó de dos a cuatro veces más vapor que el fumigador convencional.

**Depósito del ingrediente activo como resultado de la fumigación**

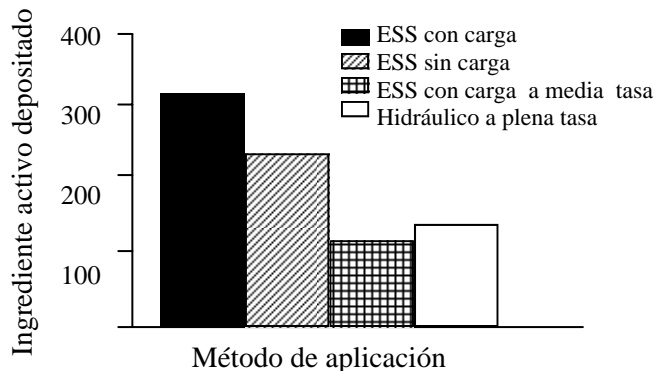


Figura 11. Vapor depositado en el follaje de fresas en pruebas realizadas por la universidad de California y el California Advisory Board.

La fresa es un cultivo difícil de fumigar por motivo de la forma de la planta y la densidad del follaje. Las hojas grandes del dosel exterior tienden a proteger las hojas del dosel interior. Apoyados por el chorro del aire, las gotitas cargadas pueden penetrar el dosel interior, y cubrir las hojas interiores que descansan sobre el suelo.

**El depósito del vapor en el dosel de algodón vs. La profundidad en el dosel**

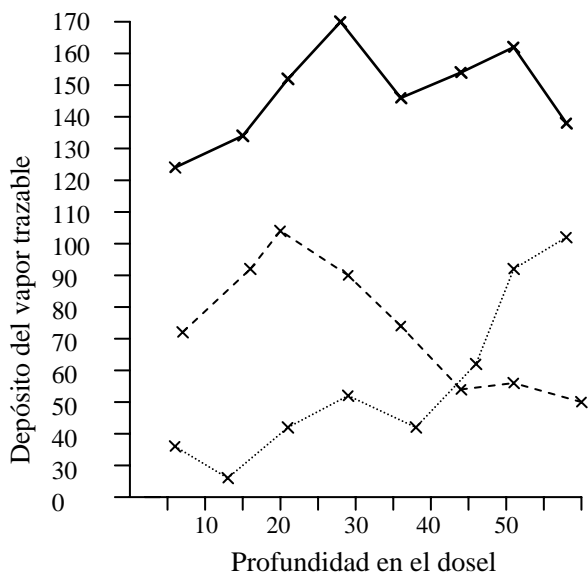


Figura 12. Unas comparaciones del depósito de vapor en el algodón demuestran una buena penetración del dosel interior, y también un depósito uniforme de vapor cargado en todas las capas del dosel.



La Universidad de California ha realizado numerosas pruebas de campo con el uso de fumigadores electrostáticos en cultivos de fresas. La figura 11 demuestra que el sistema cargado deposita 2.4 veces más vapor por hoja que el sistema convencional de alta presión.

El sistema electrostático también se probó sin el uso de la carga electrostática, para demostrar los beneficios de la asistencia del chorro de aire. En este caso el depósito del vapor fue 1.7 veces mayor que el del fumigador hidráulico. Otro beneficio demostrado por esta prueba fue que la tasa de aplicación fue solamente 7 galones por acre, lo que permitió que el fumigador operara por un período de tiempo mucho más largo sin tener que llenar el tanque de nuevo. En algunos casos, se podía fumigar en un solo día casi doble el número de acres.

Los fumigadores electrostáticos del pasado eran menos eficaces porque no empleaban la asistencia de un chorro de aire. Sin la asistencia del aire, las gotitas solo llegaron a la parte superior del cultivo. La asistencia de un chorro turbulento de aire hace que el vapor penetre mucho mejor el cultivo y también reduce la cantidad de vapor que flota más allá de la planta. Para investigar la penetración del dosel por el vapor, muchas pruebas han sido realizadas por los Georgia Experiment Stations. El algodón es una planta de buena altura, así que sirve muy bien para probar la eficacia con que el vapor penetra el dosel y su cobertura a lo largo de la planta. La figura 12 demuestra los resultados de una prueba típica hecha sobre algodón de 10 semanas. Nota que el fumigador electrostático con asistencia aérea depositó más vapor que el fumigador hidráulico en la parte superior, media, y baja del dosel.

## Informes de investigación sobre el depósito del vapor

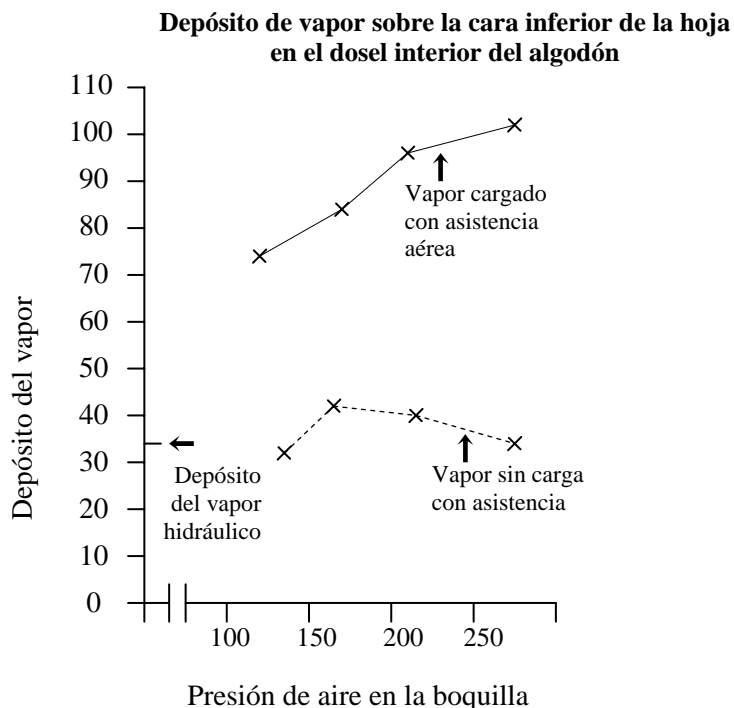


Figura 14. Mientras que la presión (y la velocidad) del aire aumenta, aumenta también el depósito electrostático. En cambio, el depósito de vapor sin carga electrostática disminuye al aumentar la presión y velocidad del aire. Esto es debido a la capa de aire sobre la superficie de la hoja, tal como la capa sobre un carro en un túnel de viento. El vapor electrostático es capaz de penetrar esta capa de aire.

Investigaciones recientes por el U.S. Department of Agriculture indican que la carga electrostática de vapor producido con un chorro de aire reduce el desgaste del vapor. La carga previene que el vapor vaya más allá de la planta o que caiga al suelo. Véase a la figura 14. Demuestra que al aumentar la velocidad del aire, el depósito de vapor sin carga tiende a disminuir. El vapor se soplaba más allá de la planta. Cuando se le colocó una carga al vapor, las gotitas se quedaron sobre la planta, y el depósito del vapor aumentó hasta 3 veces más que el del vapor sin carga.



Figura 15. Pistola para la fumigación electrostática de invernaderos, paisajes interiores o plantas en viveros.

Los resultados de una prueba hecha por la Universidad de California sobre la eficacia de fumigadores hidráulicos y electrostáticos de mano con crisantemos se ven en la figura 16. En esta prueba la pesticida Pounce se aplicó una vez y la cantidad de pesticida presente en la planta se medía a lo largo de un período de dos semanas.

El depósito inicial del vapor electrostático fue 3.5 veces más grande que el hidráulico. Además, el vapor electrostático permaneció en la planta más tiempo que el hidráulico. El permanecer en la planta puede tener efectos beneficiosos en romper el ciclo de vida de insectos, tal como la mosca blanca. 5 días después de fumigar, las plantas con el vapor electrostático tenían 4.4 veces más materia que quedaba en la planta. A los 10 días tenía 4.6 veces más. La media vida promedio de la pesticida fue 8 días con el fumigador hidráulico, y fue 10.5 días con el electrostático.

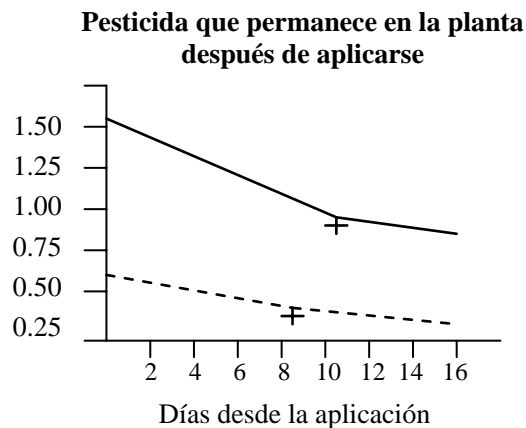


Figura 16. El depósito de Permethrin en crisantemos maduros fue 3.5 veces más grande con el uso del sistema ESS para invernaderos que con el uso de fumigadores convencionales. Además, la media vida promedio fue un 20% más largo.



## ¿A dónde va el vapor?

Muchas pruebas sobre el depósito se han hecho utilizando el fumigador de mano en varios cultivos de invernaderos. Estas pruebas han investigado el depósito no solo en la planta, sino también en el suelo y la estructura del invernadero, y sobre el operador del fumigador.



Tal vez te sorprenda que con fumigadores convencionales menos de 20% del vapor llegue a la planta. Numerosas pruebas realizadas por varias instituciones han comprobado este hecho. Además, la mala distribución del vapor en la cara inferior de las hojas hace que menos de 1% llega al área donde están los insectos.

### ¿A dónde va el resto del vapor?

En una prueba reciente, se comparó un fumigador hidráulico de mano con un sistema electrostático. El sistema hidráulico depositó tan solo 16% del vapor sobre las plantas, mientras que el sistema electrostático depositó 60% en las plantas. Esto quiere decir que el sistema electrostático es 4 veces más eficiente que el hidráulico. La figura 17 enseña a dónde se fue el resto del vapor.

Con el fumigador hidráulico:      Con el electrostático:

16% en las plantas	60% en las plantas
27% en el suelo	9% en el suelo
4% en el pasillo	1% en el pasillo
2% debajo del suelo	3% debajo del suelo
51% indeterminado	27% indeterminado

La actuación del fumigador se mejora de una manera significativa al usar la electrostática. Este informe de la universidad de California declaró claramente que: Si se redujera la tasa química 3 veces con el uso del sistema electrostático, la cantidad que llega a descansar en la planta todavía sería mayor que la del sistema convencional con una tasa plena. Pero, a la vez la cantidad de químicos que descansan fuera del lugar indicado sería una décima parte de la del sistema convencional.

### Recuperación de pesticidas aplicadas



Figura 17. El depósito del vapor en los varios sitios del invernadero, comparando el sistema electrostático con el hidráulico convencional.

### ¿Cuánto vapor cae sobre el que fumiga?

Una prueba importantísima fue realizada recientemente por la Universidad de Georgia. La prueba demostró que el operador del sistema electrostático está expuesto a una cantidad muy baja del vapor, y que no es mayor que la de sistemas no electrostáticos. La prueba consistió en probar el depósito de los fumigadores de mano con y sin carga electrostática.

Los resultados de la prueba (véase el siguiente) indicaron que la cantidad de químicos que llegó a las plantas fue 3.3 veces mayor con el vapor cargado. Pero, el cargar el vapor no aumentó el depósito sobre el operador del fumigador, ni tampoco sobre la estructura del invernadero.

Estos resultados demuestran que el flujo de aire es eficaz en llevar el vapor al lugar apropiado, sin que el vapor se caiga sobre el operador. Además, como se vio en la prueba anterior, con el vapor sin carga no se sabe a dónde va la mayoría del vapor.

### El vapor recuperado de las plantas, el operador, y la estructura del invernadero

Lugar	Cantidad de vapor recuperado (medidas del fluorómetro)	
	Cargado	Sin carga
Las plantas	23	7
Postes del invernadero	0.6	0.5
Traje del operador:		
Pecho	0.5	1.0
Capucha	1.0	0.8

Nota: Los números menos de 2 se consideran insignificantes.

## Un sistema de computadora nuevo investiga la cober-

Inspirado por un sistema en la Universidad de Cornell, la Universidad de Georgia y ESS han desarrollado una técnica extraordinaria para analizar el depósito del vapor.

Se llama la visión intensificada por computadora. Se utiliza una computadora para mirar las gotitas de vapor en las hojas y determinar la cobertura del vapor. Primero se fumiga la planta con un polvo fluorescente. Luego se quitan las hojas y se las miran con una lente magnificadora conectada a una computadora. Se magnifica hasta 600 veces para que se pueda ver hasta las gotitas y los insectos más pequeños.

Tamaño Verdadero de las Fotos

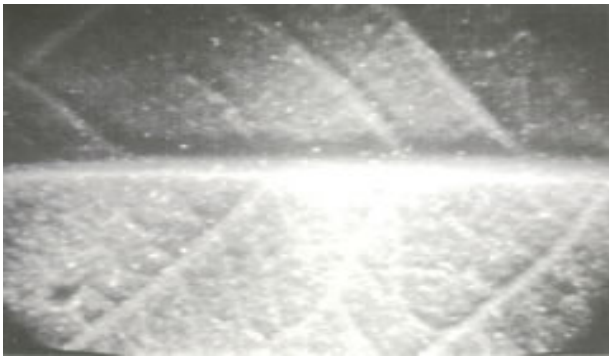


Figura 19. Vista magnificada de un área de  $4 \text{ mm}^2$  de una hoja después de fumigar. Solo unas pocas partículas del vapor se ven con la lente magnificadora sin el filtro. Véase la siguiente, para ver la misma hoja con la asistencia del filtro y el intensificador de luz en la cámara.



Figura 20. Esta es la misma sección de la hoja que se ve en la figura anterior. Un intensificador de luz y un filtro óptico se han instalado en la cámara con lente magnificadora. Estos aparatos filtran las imágenes del fondo y sacan a luz hasta las partículas fluorescentes más pequeñas.

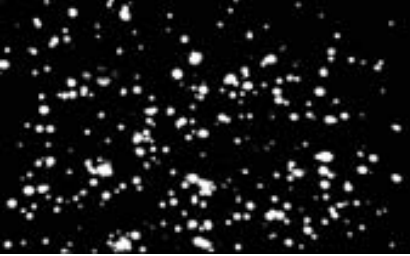
La figura 19 enseña la vista por computadora de una sección muy pequeña ( $4 \text{ mm}^2$ ) de la cara inferior de una hoja. La figura 20 enseña la misma sección de la hoja después de añadir un intensificador de luz y un filtro óptico a la lente para quitar el fondo de la hoja en la foto. Los puntillos blancos son las gotitas de vapor. El sistema de computadora puede contar el número de las gotitas, y revela que hay más de 200 en esta área de  $4 \text{ mm}^2$ . Este es el área que se ocupa por una sola mosca blanca madura, tal como la mosca blanca en la figura 21. Compare las figuras 20 y 21. Las dos imágenes se hicieron a la misma magnificación. Es fácil ver que la distribución del vapor es adecuado para cubrir el insecto con numerosas gotitas.



Figura 21. Imagen de computadora de una mosca blanca madura y ninfas en la cara inferior de una hoja de algodón. El tamaño verdadero de la imagen es el mismo que en la figura 20.

## Comparaciones de la cara inferior demuestran una mejora de 70 veces con vapor cargado

Vapor cargado con asistencia aérea



Cuenta promedio = 425 depósitos  
en 54 muestras en  $10 \text{ mm}^2$

Vapor sin carga con asistencia aérea



Cuenta promedio = 105.8 depósitos  
en 54 muestras en  $10 \text{ mm}^2$

Vapor hidráulico



Cuenta promedio = 6.3 depósitos  
en 54 muestras en  $10 \text{ mm}^2$

Figura 22. Estas son gotitas de vapor típicas en la cara inferior de hojas de algodón. Una prueba comprensiva se hizo en que muchas hojas se fumigaron con fumigadores cargados, no cargados, e hidráulicos. Las cuentas promedio de las gotitas de vapor por  $10 \text{ mm}^2$  muestran que el vapor cargado con asistencia aérea tenía 70 veces más depósitos de vapor que el vapor del fumigador hidráulico. El fumigador electrostático depositó un promedio de 425 partículas de polvo empapable por  $10 \text{ mm}^2$ , comparado con 6.3 partículas por  $10 \text{ mm}^2$  por el fumigador hidráulico. (Las imágenes muestran una sección de  $4 \text{ mm}^2$  de la hoja.)

**Imágenes de computadora de la cara inferior de una hoja entera muestran más de 15,000 gotitas de vapor.**



Esta foto muestra 35 imágenes de computadora magnificadas agrupadas para construir un imagen del depósito en la cara inferior entera de la hoja. La hoja ha sido fumigada por vapor cargado con asistencia aérea, y hay

## Evaluaciones del control de insectos y enfermedades en los cultivos de campo

Los informes anteriores mostraron una mejora en el depósito de vapor con fumigadores electrostáticos. El punto clave para el agricultor es que esta mejora significa mejor control de insectos y enfermedades. Los estudios siguientes son unos de los muchos que se han hecho que muestran mejor eficacia en el control de insectos y enfermedades.

Muchas de las evaluaciones se hicieron con el uso de químicos que no dañan el medio ambiente, tal como *Bacillus thuringiensis* (Bt). La eficacia de Bt sobre el brócoli fue evaluado por la Universidad de Georgia. Los resultados finales de la prueba de dos estaciones se ven en la figura 24. El daño hecho por insectos fue determinado al medir el área de la hoja que se comió. Para lograr un análisis comparativo, una cantidad menor de pesticida se usó en las parcelas fumigadas con la electrostática. El promedio del área comida de la hoja en las parcelas tratadas por la fumigación electrostática con una media tasa química fue 1.9%, comparado con 4.9% en las parcelas tratadas por la fumigación convencional con una tasa química plena. Una aplicación de Bt a tasa plena o tasa media logró un nivel más alto de control de insectos, y también un control más consistente cuando fue aplicada utilizando el sistema electrostático.

### Una comparación del daño hecho por insectos en brócoli:

Una aplicación de pesticida de baja toxicidad	
Tratamiento	Área comida de la hoja
Fumigación convencional-- (tasa plena)	4.9%
ESS—1/2 tasa	1.9%
ESS—1/3 tasa	5.2%

Figura 24. La prueba de *Bacillus thuringiensis* (Bt) en cultivos de vegetales.

Una comparación del daño hecho por insectos en algodón			
Fumigadores convencionales vs. Fumigadores electrostáticos			
Tratamiento	Porcentaje dañado por:		
	Gusanos	Gorgojos	
Fumigación convencional—tasa plena	7.7%	7.4%	
Fumigación convencional—tasa media	13.0%	16.6%	
Fumigación ESS—tasa plena	4.1%	4.7%	
Fumigación ESS—tasa media	7.2%	6.1%	

Figura 25. Una comparación del uso de fumigadores convencionales y electrostáticos en el algodón.



Una evaluación del control de insectos y enfermedades en apio se realizó en Florida durante una prueba de tres años en una granja comercial. Los insectos predominantes eran leaf miners y cabbage loopers. Las insecticidas que se usaron en la prueba eran Lorsban, Ambush, y SOK. Las enfermedades predominantes eran *Cercospora Apii*, *Rhizoctonia*, y *Alternaria*. Las fungicidas que se usaron eran Bravo 500, Manzate, y cobre. Una comparación se hizo entre la eficacia de un equipo convencional y un equipo electrostático. El convencional se probó con 55 galones de agua y una tasa química plena, mientras que el equipo electrostático se probó con 5 galones de agua y una tasa química entre  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$ . La figura 27 enseña los resultados en el control de cabbage loopers con Lorsban. Durante el transcurso de la prueba, ninguna diferencia en la cantidad de enfermedades se podía notar entre el cultivo tratado con una tasa química reducida, aplicada por el sistema electrostático, y el cultivo tratado con una tasa química plena, aplicada por el sistema convencional. En la cosecha el cultivo tratado con la electrostática dio más que el cultivo tratado con el sistema convencional, 965 cajas por acre versus 652 cajas por acre. En el segundo año de la prueba, los cultivos de apio tratados con la electrostática dieron más que los cultivos convencionales, 577 cajas por acre versus 493 cajas por acre.

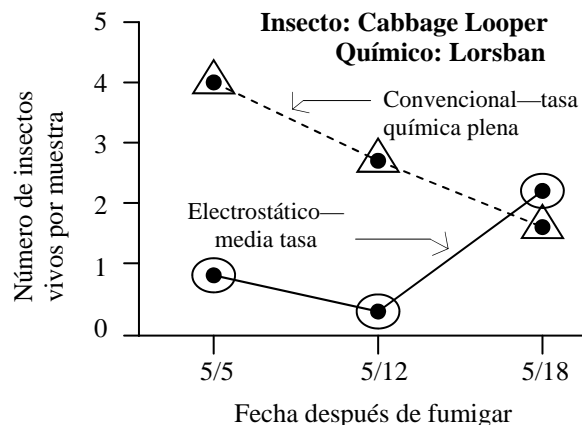


Figura 27. La población de insectos en apio después de fumigar con Lorsban utilizando tratamientos convencionales y electrostáticos.

## Evaluaciones sobre el control de insectos y enfermedades en cultivos de invernaderos

Método de aplicación	Lepidoptera		Onion Thrips
	Bt	SP	SP
Fumigador electrostático	86%	71%	62%
Fumigador convencional	47%	64%	31%

Figura 28. Pruebas de campo comparativas entre fumigadores electrostáticos y convencionales en cultivos de vegetales, utilizando materiales Bt y pyrethoid sintética (SP).

Recientemente, unas pruebas de campo hechas por la Universidad de Cornell en Nueva York han dado buenos resultados con el uso de químicos de baja toxicidad en el repollo. Una comparación se hizo entre el fumigador convencional y el electrostático en el control de lepidoptera y onion thrips (Figura 28). La prueba concluyó que con el uso de *Bacillus thuringiensis* (Bt), la población lepidoptera fue reducida un promedio de 86% con el sistema electrostático, mientras que el convencional la redujo solo 47%. En los onion thrips, el uso de pyrethoid sintética (SP) logró una reducción de 62% con el sistema electrostático, comparado con una reducción de 31% con el sistema convencional.

En la actualidad hay una tendencia hacia el uso de pesticidas de baja toxicidad que no dañan el medio ambiente. Varias evaluaciones recientes han demostrado que la eficacia de estos materiales más seguros se aumenta cuando se usan con el sistema electrostático. Unos estudios recientes incluyeron el regulador de crecimiento insectil Dimlin, la insecticida viral Elcar, y la insecticida microbial Javelin (*Bacillus thuringiensis*). Los resultados se dan en la figura 29. El sistema electrostático dio buenos resultados con estos materiales en todas las pruebas que estudiaron su efecto sobre el gusano en remolacha y en maíz.

Tratamiento	Daño al algodón
Electrostático cargado	4.0% a
Electrostático sin carga	11.8% b
Hidráulico	14.5% b
Ningún tratamiento	35.0% c

Figura 29. La aplicación de compuestos de baja toxicidad en algodón.

Los agricultores que siembran cultivos especiales, tal como los ornamentales y vegetales de invernaderos, están enfrentando una reducción en el número de pesticidas disponibles. La apariencia del cultivo es importantísima, así que varias universidades que reciben fondos de grupos agrícolas que siembran ornamentales han estado evaluando los fumigadores electrostáticos y su habilidad de mejorar la eficacia de los químicos que son más seguros para el medio ambiente.

Ohio State University tiene un programa en marcha que ayuda a los agricultores a implementar la nueva tecnología en la fumigación. La figura 31 enseña los resultados de una prueba en que la insecticida Talstar (bifenthrin) se usó en poinsetias infestadas con la mosca blanca. Un control de casi 100% se logró, a pesar de que la tasa química fuera entre 1/6 a 1/12 de la normal.



Figura 30. Una aplicación de bajo volumen directamente en el dosel de la planta con la pistola electrostática. Las plantas no se mojan, tal como en la aplicación convencional. Solamente 5 a 10 galones de agua se usan por cada acre.

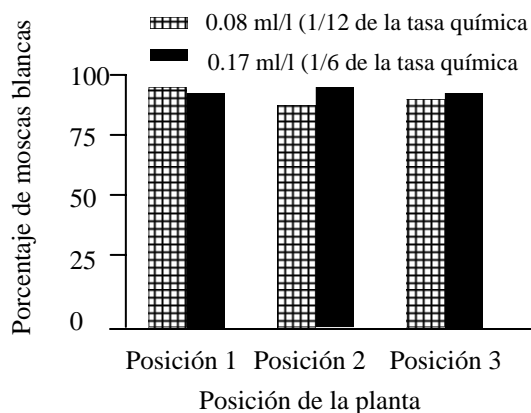


Figura 31. La aplicación de bifenthrin (Talstar o Capture 2EC) para el control de la mosca blanca. La eficacia de estos químicos aumenta de gran manera cuando entran en contacto con la cara inferior de la hoja en gotitas pequeñas. Las plantas se pusieron a 2 metros, 4 metros, y 6 metros del fumigador.

## El control de insectos y enfermedades

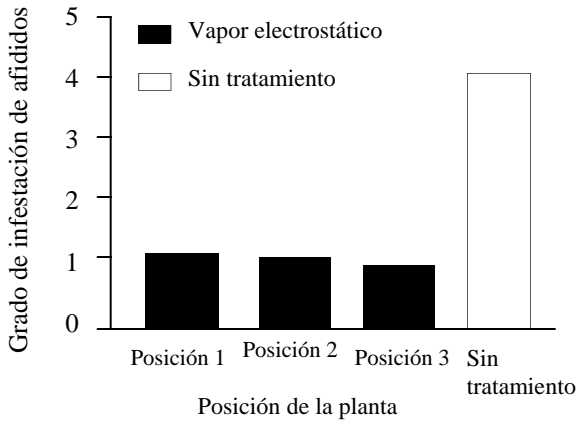


Figura 32. La eficacia del sistema electrostático en el control de afidos con AVID.

La insecticida AVID 0.15EC a 12ml/l fue aplicado sobre plantas infestadas con arados y afidos en unas pruebas de Ohio State University. Después de aplicar la insecticida, las infestaciones fueron evaluadas en una escala de 0 a 4. Un 0 indica que no hay ningún afido o arado en la rama terminal, y un 4 indica que hay más de 50. Durante la aplicación las plantas se pusieron a 1.5m, 4m y 6m de la boquilla del fumigador. El control de arados fue 100%, aun en las plantas más distantes. El control de afidos también fue bueno y uniforme en todo el alcance del vapor.

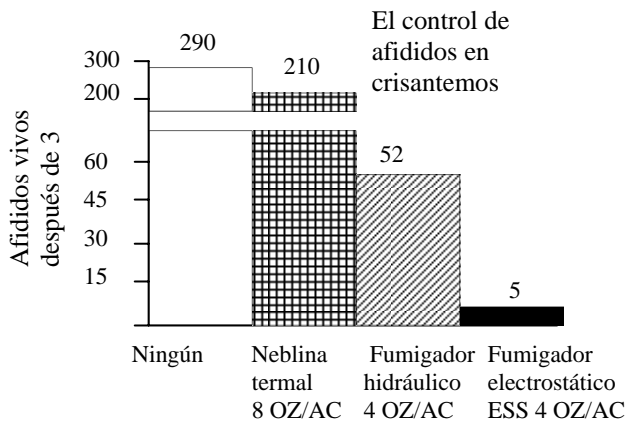


Figura 33. Una comparación de varios sistemas de fumigación en el tratamiento de crisantemos con AVID.

Recientemente la Universidad de Georgia ha finalizado otro grupo de evaluaciones con el uso de AVID y Talstar. Estas pruebas compararon la actuación de sistemas ESS con la de otros sistemas de fumigación. Como se ve en las figuras 33, 34 y 35, el fumigador electrostático logró el más alto nivel de control de insectos, aun con el uso de tasas químicas menores.

En todas las aplicaciones en invernaderos, la fumigación electrostática se hizo en la mitad o en un cuarto del tiempo de la fumigación hidráulico.

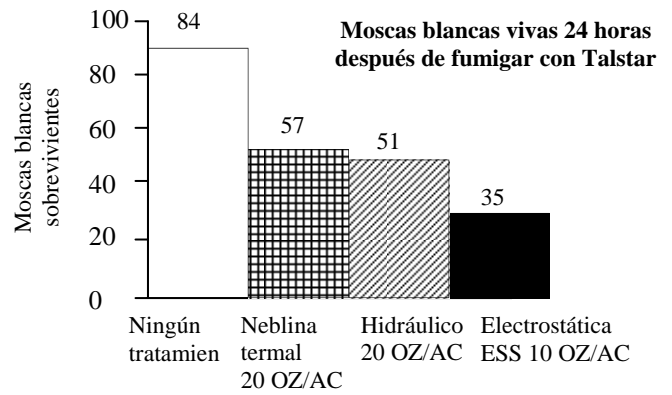


Figura 34. Una comparación de varios tipos de fumigadores en la aplicación de Talstar para el control de la mosca blanca en poinsetias.

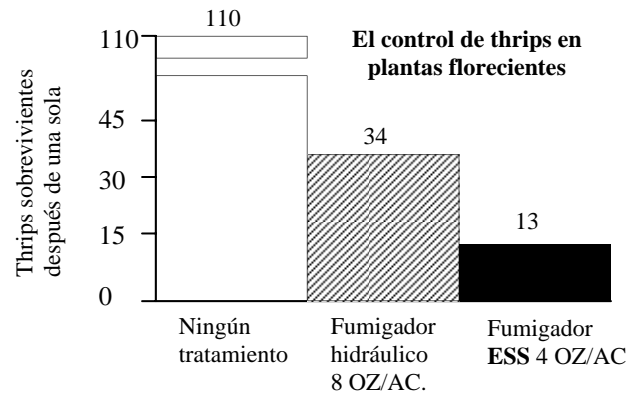


Figura 35. Tratamiento AVID para el control de thrips.

Las insecticidas que son más seguras para el medio ambiente, tal como Enstar (Sandoz), y Margosan-O (Grace-Sierra), ya están en distribución. Los agricultores han logrado resultados favorables en invernaderos con el uso del fumigador electrostático y estos productos. Los investigadores de Ohio State aplicaron Margosan-O a poinsetias en una tasa química 2/3 de la normal. Como se ve en la figura 36, el vapor cargado logró un control que fue casi el doble del control logrado por tratamientos sin carga en las dos posiciones en que la planta estaba dentro de 4 metros de la boquilla.

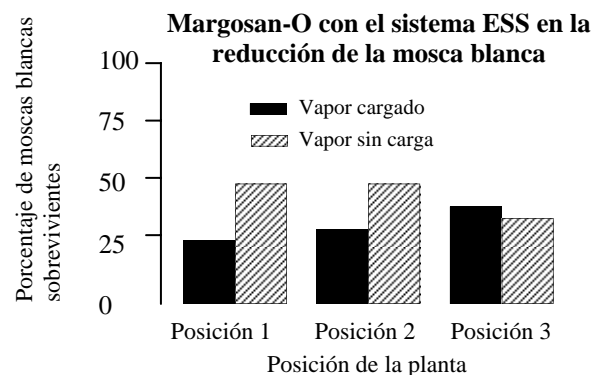


Figura 36. Aplicaciones comparativas del producto bioracional Margosan-O. El ingrediente activo es derivado de la semilla natural neem. El control de insectos aumentó dos veces con el vapor cargado en las posiciones de la planta a 2 y 4 metros de la pistola.