

NOTA TÉCNICA

EFECTO DEL OPERARIO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE AGROQUÍMICOS Y EL GASTO DE LÍQUIDO DE APLICACIÓN EN *Kalanchoe blosfeldiana*¹

Gerald Mora Muñoz², María Isabel González Lutz², Dennis Mora Acedo³, Alfredo Durán Quirós³

RESUMEN

Efecto del operario sobre la distribución de agroquímicos y el gasto de líquido de aplicación en *Kalanchoe blosfeldiana*. Se evaluó el efecto del trabajo del operario al esparcir agroquímicos en el follaje de *Kalanchoe blosfeldiana* en maceta. Se escogió a cinco operarios que han recibido entrenamiento en un método de aplicación. Estas personas presentaron diferentes características: edad, estatura, peso y años de experiencia en la labor. Las aplicaciones se hicieron con un equipo móvil de tanqueta, con una capacidad para 500 litros, equipado con una manguera de 2 cm de diámetro y 60 m de largo. Cada uno de los operarios efectuó un total de cinco repeticiones. La combinación de sesión de trabajo y cama constituyó una unidad experimental, para un total de 25 unidades experimentales y 25 mediciones. Las variables respuesta en este experimento fueron la cantidad de líquido utilizado y la cobertura promedio resultante de la aplicación a una cama. El análisis de los resultados mostró que el trabajo del operador representó el 9,32 % de la variabilidad total en la distribución del plaguicida. Sólo el 17 % de los papeles hidrosensibles que se usaron para evaluar la cobertura que recibió la planta, mostraron un resultado adecuado, mientras que en un 43 % fueron subdosificados y un 40 % sobredosificados. El procedimiento de aplicación que se usó no fue el adecuado. Los altos volúmenes de descarga utilizados durante el experimento, no proporcionaron una distribución adecuada.

Palabras clave: control de operaciones, aplicación de plaguicidas, plantas ornamentales, papel hidrosensible.

ABSTRACT

Effect of the operator on the agrochemical distribution and expense of fluid application on *Kalanchoe blosfeldiana*. A field test was designed to evaluate the effectiveness of the pesticide applicator and operator at spraying agrochemicals on the foliage of *Kalanchoe blosfeldiana*. Five workers with differences in age, height, weight and experience, and that received previous training were chosen. The applications were made with a mobile tank with a capacity of 500 liters, equipped with a hose of 2 cm. in diameter and 60 m long. Each of the operators conducted a total of five repetitions. Each combination of application and plant bed is an experimental unit, for a total of 25 experimental units and 25 measurements. The response variables were the amount of liquid used and the average coverage resulting from the application to a bed. Analysis of the results showed that the operator's job represented 9.32 % of total variability in the amount of pesticide that is applied at the time of spraying, and there is no evidence to say that the variability in the amount of pesticide applied per operator from one application to another is different when comparing operators. However, only 17 % of the hydrosensitive papers used to assess the coverage received by the plant showed a proper result, whereas 43 % coverage was inadequately sub-dosified and 40 % were considered over-dosified. The results also show that discharge of high volumes of pesticide solution, such as those used during the test, do not ensure adequate coverage.

Key words: operations control, pesticides applications, ornamental plants, hydrosensitive paper, coverage evaluation.

¹ Recibido: 30 de noviembre, 2006. Aceptado: 30 de noviembre, 2007.

² Escuela de Estadística, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. mariaisabel.gonzalezlutz@ucr.ac.cr

³ Estación Experimental Fabio Baudrit, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. jose.duran@ucr.ac.cr; dennis.mora@cariari.ucr.ac.cr

INTRODUCCIÓN

La investigación de las operaciones manuales en una empresa, es fundamental para asegurar la competitividad de la agricultura, puesto que el costo del recurso humano es, generalmente, el mayor dentro de un sistema de producción. Cuando los operarios de una finca no aplican bien sus métodos de trabajo, los gastos todavía son mayores, porque es necesario sumar las pérdidas que causa la mala calidad del trabajo. La aplicación de plaguicidas además, agrega los riesgos sociales y ambientales consecuencia de un trabajo mal realizado. Por lo anterior, las empresas deben invertir en la capacitación y entrenamiento de sus operarios en técnicas de aplicación de plaguicidas. Sin embargo todo plan de mejoramiento es un cambio, pero no todo produce un mejoramiento, por lo tanto, deben ser evaluados antes de que éstos se implementen (Harrington 1996).

La efectividad de la aplicación de plaguicidas usualmente se mide por medio de la distribución del producto aplicado sobre la superficie de un cultivo; ésta se mide mediante indicadores, como los papeles hidrosensibles. Según Mathews (1985), la calidad de la aplicación depende, entre otros factores, del tipo de equipo que se use, del plaguicida, del cultivo, del clima, del volumen aplicado, del tipo de plaga o patógeno que se combate, del método de aplicación usado y del operario encargado.

Para lograr una mejor distribución en las aplicaciones de plaguicidas, lo que hacen los agricultores, generalmente, es aumentar el volumen total de aplicación, en lugar de aplicar correcciones en cada uno de los factores que tienen influencia sobre ésta. Sin embargo, Mathews (1985) indica que es de esperar que a mayor volumen de aplicación, se aumente en forma proporcional la calidad de la cobertura, pero esto no siempre sucede a causa de la influencia de los otros factores citados. Los volúmenes altos de aplicación y los métodos inadecuados, causan escorrentía de producto hacia el suelo, lo que provoca su contaminación y de las fuentes de agua, aumentando los costos de producción. Por

otra parte, cuando el plaguicida no alcanza una buena cobertura o no llega al objetivo deseado en donde se encuentra la plaga o enfermedad, el combate es deficiente, se aumentan los costos y se provocan pérdidas en la producción (Friedrich 2004, Bushing y Young 1985).

Estudiando la adopción de nuevos métodos para aplicar plaguicidas y evitar la deriva de producto, Whitney (1996) indica que los costos, el equipo, el tiempo y los conocimientos de los operarios, son las principales barreras para mejorar la cobertura del producto y además, demuestra que cuando se usa a educadores para que entrenen y apoyen a los aplicadores de plaguicidas, se logran mejores resultados en la adopción de métodos de aplicación efectivos. Por su parte, Bushing y Young (1985) indican que se debe considerar además que las técnicas adecuadas de aplicación no sólo mejoran la efectividad del plaguicida, sino que además mejoran la seguridad de los trabajadores y la protección del público y del ambiente.

En un experimento realizado por Whitney (2000), en donde se midió la respuesta de varios operarios después de que asistieron a una capacitación sobre pulverización, se concluyó que de los operarios que se responsabilizaron a vigilar la velocidad del viento, 88 % lo hizo, y a cambiar de presión del equipo o ajustar altura de la lanza solo el 84 % y 81 %, lo hizo, respectivamente. De los que se comprometieron a cambiar el tamaño de gota, sólo el 67 % lo ejecutaron, por lo que se concluyó que algunas prácticas de aplicación son más fáciles de adoptar que otras durante el entrenamiento.

La influencia del operario sobre la efectividad de la distribución del producto, indica que generalmente los conocimientos que éstos tienen sobre el mejor método de aplicación, son deficientes y que ésta es la principal razón para que se presenten problemas (Friedrich 2004).

Se diseñó un experimento de campo que tuvo el objetivo de evaluar el efecto del trabajo del operario y del método utilizado, sobre la efectividad de la cobertura lograda en una aplicación, utilizando sólo agua, sobre el cultivo de *Kalanchoe blosfeldiana* var. Calandiva en maceta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en noviembre del 2005, en una plantación comercial de *Kalanchoe blosfeldiana* en maceta bajo invernadero, localizada en el cantón central de la provincia de Alajuela, Costa Rica.

Las plantas se sembraron en macetas bajo invernadero, colocadas a una densidad de 15 macetas y 30 plantas por metro cuadrado, de tal forma que el follaje presentó una alta densidad que dificultó la penetración de los plaguicidas.

Las macetas se acomodaron en hileras o camas, donde éstas estaban pegadas unas con otras, sin espacios entre ellas. Las camas tuvieron una altura al extremo superior del follaje de 0,45 m, un ancho de 1,20 m y una longitud de 46 m. Para hacer las aplicaciones de agua sobre el follaje se escogieron al azar dos camas de macetas de idénticas características y rodeadas a ambos lados por el mismo cultivo (Figura 1).

Se escogieron a cinco operarios que han recibido entrenamiento en un método de esparcir agroquímicos al follaje en condiciones de invernadero que consiste en: entrar por el pasillo entre dos camas de macetas y caminar siempre de frente, asperja el producto a la sección de plantas que está a su derecha, tanto al entrar como al salir. Se seleccionaron personas de diferente edad, estatura,



Figura 1. Organización de las macetas de *Kalanchoe blosfeldiana* formando camas. Alajuela, Costa Rica. 2005.

peso y años de experiencia en la labor (fuentes de variabilidad). En el Cuadro 1 se presenta el detalle de las características de los cinco operarios.

Cuadro 1. Características de los obreros escogidos para hacer las aplicaciones. Alajuela, Costa Rica. 2005.

Identificación*	Edad (años)	Peso (kg)	Estatura	Años de experiencia
OP1	21	69	1,70	1
OP2	30	76	1,73	10
OP3	32	57	1,60	5
OP4	19	52	1,60	1
OP5	41	77	1,64	4

* obrero.

Todos los operarios pasaron la manguera del equipo sobre su hombro y con la boquilla a esa altura, hicieron movimientos de su muñeca en forma de arco, de derecha a izquierda, de tal forma que la aplicación lograra cubrir todo el conjunto de macetas que conforman el ancho de la cama y ubica el punto de impacto de las gotas de plaguicida sobre las plantas a una distancia aproximada de 1,5 m adelante del aplicador.

Se utilizó un equipo móvil de tanqueta, con una capacidad para 500 litros, equipado con una manguera de 2 cm. de diámetro y 60 m. de largo. Al final de la manguera se instaló una pistola con cuatro boquillas de salida (Figuras 2 y 3). El equipo se operó a una presión de 30 libras a la salida de la bomba. Todas las aplicaciones del experimento se hicieron con el mismo equipo y boquillas.

Los operarios usaron su traje protector completo, aunque las aplicaciones que se hicieron en el experimento fueron con agua. Se consideró que no era necesario aplicar ningún tipo de plaguicida, ya que, al ser el agua el vehículo que lo transporta, es el que influye en la distribución, mientras que el plaguicida quedará bien distribuido en el tanto que el vehículo que lo transporta también quede bien distribuido.



Figura 2. Equipo de aplicación de agroquímicos tipo tanqueta. Alajuela, Costa Rica. 2005.



Figura 3. Pistola de aplicación de agroquímicos con cuatro boquillas. Alajuela, Costa Rica. 2005.

Cada uno de los operarios efectuó cinco repeticiones. Cada combinación de sesión de trabajo y cama constituyó una unidad experimental, para un total de 25 unidades experimentales y 25 mediciones.

Las variables fueron la cantidad de líquido utilizado y la cobertura promedio resultante de la aplicación a una cama, las cuales se obtuvieron de la siguiente forma:

a.- Líquido de aplicación utilizado en litros

Previo a que cada uno de los operarios llevara a cabo su aplicación, se realizó la calibración del equipo, para lo cual se recogió y midió en un balde, por un período de 45 segundos, la cantidad de litros de agua que descarga el equipo y las cuatro boquillas empleadas. Posteriormente, para cada operario, se tomó el tiempo que demoró en fumigar una cama de macetas. Finalmente, la variable cantidad de plaguicida en litros gastados en las dos camas se obtuvo de la multiplicación de ambos factores de la siguiente forma:

$$Y = \frac{A}{45} * B$$

Donde:

Y = litros de líquido utilizados.

A = cantidad de litros de líquido que descargaron, en el lapso de 45 segundos, las cuatro boquillas de la bomba empleada.

B = tiempo en segundos que empleó el operario en fumigar la cama.

Con el propósito de controlar el efecto causado por el equipo, se empleó en todas las mediciones la misma tanqueta antes descrita. La Figura 4, presenta la cantidad promedio de litros

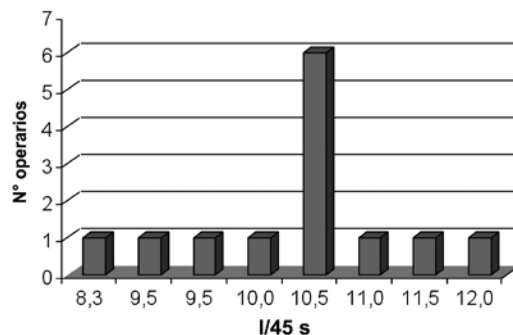


Figura 4. Frecuencia de la cantidad de litros de agua asperjados durante 45 segundos en el follaje de *Kalanchoe b.*. Alajuela, Costa Rica. 2005.

de líquido gastado en los 45 segundos que duró la calibración durante los 13 días que se llevó a cabo el experimento. Como se puede apreciar, la cantidad resultante, aunque debió ser constante, fluctuó considerablemente, por lo que hacer uso de dicha variable generaría un efecto sobre ésta la cantidad de plaguicida, que no puede atribuirse al operario, por lo tanto, se optó por utilizar un valor constante y modelar así la cantidad de plaguicida por medio del tiempo del empleado. Como valor constante se empleó el promedio de las mediciones efectuadas, el cual fue de 10,5 litros, que al ser transformada en segundos, representó una medida de 0,23 litros por segundo. Este valor posteriormente se multiplicó por el tiempo en segundos de cada operario, para obtener la variable Y_1 que fue la que se modeló.

La descarga de 0,23 litros por segundo equivale aproximadamente a un volumen total aplicado por hectárea de 1.200 litros, lo cual se considera un volumen alto de aplicación de acuerdo a la clasificación de Mathews (1985).

b.- Distribución del agua sobre el follaje

Previo al inicio de la aplicación, se colocaron seis papeles hidrosensibles en igual número de plantas distribuidas a lo largo de la cama de macetas destinadas para el experimento, separados cada cinco metros. Los papeles hidrosensibles, de tamaño 2,5 cm x 2,5 cm, se colocaron sobre las hojas más viejas, de tal forma que quedaron, en el plano vertical, en el tercio inferior de la altura total de la planta y en el plano horizontal, en el centro de la planta. La cara del papel sensible al agua quedó colocada hacia arriba.

Los papeles hidrosensibles fueron recolectados inmediatamente después de la aplicación y cada uno fue observado en un estereoscopio, la evaluación se realizó aumentando el tamaño real en siete veces. Cada papel indicador se clasificó en tres clases de acuerdo con la escala visual diseñada por CIBA GEIGY (s.f.). La cobertura presente en cada papel hidrosensible se calificó en: subdosificado (menos de 150 gotas en 6,45 cm² [una pulgada cuadrada]), adecuado (entre

150 y 300 gotas) y sobredosificado (más de 300 gotas por pulgada cuadrada).

Dado que en algunos casos las marcas de las gotas no se distribuyeron uniformemente en todo el papel indicador, fue necesario, cuando en un mismo papel hidrosensible se presentaban dos tipos de distribución según la escala descrita asignar a una categoría:

Condición presente	Clase asignada
Adecuado con subdosificado	1. Subdosificado
Adecuado con sobredosificado	3. Sobredosificado
Sobredosificado con subdosificado	1. Subdosificado

En los dos primeros casos anteriores se asignó sub o sobredosificada porque en ambos se producen consecuencias: en el primero se corre el riesgo de dejar presencia de la enfermedad o plaga sin cubrir por el plaguicida, mientras que en el segundo se denota un sobre consumo que tiene sus consecuencias económicas y ambientales. Por otro lado, ante la presencia de sobre y subdosificación, se decidió asignar subdosificado ya que la consecuencia de dejar presencia de enfermedad o plaga sin cubrir se considera potencialmente más perjudicial, que la económica al aumentar los costos.

Con la totalidad de los datos identificados se procedió a generar tres variables para modelar:

Y_2 = cantidad de papeles indicadores con subdosificación

Y_3 = cantidad de papeles indicadores con sobredosificación

Y_4 = cantidad de papeles indicadores con dosificación adecuada.

Los datos de litros de plaguicida utilizados fueron analizados por medio de un análisis de variancia, se consideró al operario como un efecto aleatorio y con otro análisis como un efecto fijo. En el primer caso, el grupo de operarios se toma como una muestra aleatoria de todos los obreros de la empresa y la hipótesis que se prueba es que no existe variabilidad de uno a otro.

En el segundo caso, las conclusiones se refieren exclusivamente al grupo de operarios evaluados y lo que se compara son los promedios de uno a otro. Los datos de cantidad de papeles con subdosificación, con dosificación adecuada o con sobredosificación se analizaron cada uno con un análisis de variancia de Kruskal Wallis. Se utilizó el software SAS de SAS Institute (2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cantidad de líquido aplicado

La cantidad promedio de líquido utilizado por operario se muestra en el Cuadro 2. El análisis que considera al trabajador como efecto aleatorio muestra que el operario representó el 9,32 % de la variabilidad total de la cantidad de líquido que se aplica al momento de fumigar y no hubo evidencia para decir que la variabilidad en la cantidad de plaguicida aplicado por cada operario de una aplicación a otra fue diferente, si se comparan ($p=0,2361$), por lo que se concluye que la variancia verdadera entre ellos fue de cero. El análisis que lo considera como efecto fijo tampoco mostró diferencias significativas en los promedios de plaguicida utilizado de un operario a otro. Sí es importante notar que los límites de confianza para el promedio de líquido

Cuadro 2. Volumen promedio de líquido asperjado por operario durante las cinco repeticiones. Alajuela, Costa Rica. 2005.

Operario	Volumen promedio utilizado*	Límites de confianza al 95%
1	13,16	5,65 – 20,67
2	18,11	14,77 – 21,44
3	12,60	8,69 – 16,51
4	13,58	8,03 – 19,13
5	14,09	11,11 – 17,07

* Promedio de los litros de líquido utilizados en las cinco repeticiones.

usado son relativamente amplios para todos los operarios, éste es efecto de la variabilidad del mismo de una repetición a otra.

Distribución del agua sobre el follaje

El factor operario resultó no significativo a un nivel de significancia del 1 % para los grados de cobertura.

El que no se hayan detectado diferencias atribuibles a los operarios en lo que se refiere a distribución, lleva a concluir que existió entre ellos un patrón de trabajo con una distribución homogénea con sólo un 9,32 % de la variabilidad, posiblemente ésto es consecuencia del entrenamiento recibido, como lo señala Whitney (1996). Sin embargo el procedimiento de aplicación que están utilizando no es el adecuado, como lo demuestra el análisis de los datos de la cobertura evaluada sobre los papeles hidrosensibles.

En sólo el 17 % de los papeles hidrosensibles la cobertura que recibió la planta fue adecuada (Figura 5), mientras que en un 43 % ésta fue deficiente, ya que se dio subdosificación y en un 40 % se dio sobredosificación, ya que se tuvo un número de gotas por área mayor a lo establecido como adecuado.

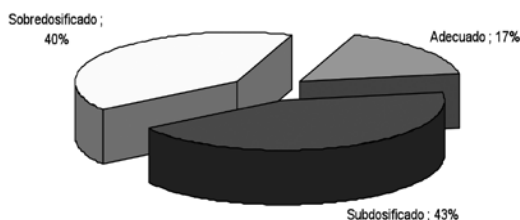


Figura 5. Distribución porcentual del líquido en los papeles hidrosensibles, con base en tres categorías ($n=150$). Alajuela, Costa Rica. 2005.

Aún si se considera a los papeles indicadores sobredosificados como un resultado satisfactorio, con base al criterio único de la cobertura para

combatir la plaga o los fitopatógenos, todavía persiste un 43 % de lecturas de calidad de cobertura sobre los papeles indicadores no adecuadas lo cual se consideró muy alto. Del dato anterior se destacan dos elementos importantes: la labor realizada por los operarios fue uniforme, pero no se ejecuta de manera adecuada, ya que un 83 % de la cobertura total analizada que recibió la planta no cumplió con las normas. Como segundo elemento a resaltar, la subdosificación como la sobredosificación se presentaron en el mismo orden de magnitud, sin embargo, con la subdosificación el combate de plagas y fitopatógenos es menor.

Según Amsden *et al.* (1993), la fuente de variación de un proceso puede encontrarse en uno o varios de los siguientes cinco campos: los materiales utilizados, el equipo empleado en el proceso, los métodos usados para producir, el personal involucrado en el proceso y el medio ambiente en el que se produce.

Durante el presente experimento se utilizó el mismo equipo para no introducir variaciones y el medio ambiente de la prueba fue idéntico para todos los aplicadores, ya que en todas las aplicaciones se utilizaron las mismas camas de producción, por lo tanto, la fuente de variación se redujo al personal involucrado o a los métodos usados. Sin embargo, como se analizó anteriormente, los resultados del experimento demuestran que el efecto de los operarios fue muy bajo (9,32 %), por lo que el método utilizado pasa a ser el posible factor más importante como fuente de variación.

Los resultados anteriores podrían estar justificados, en parte, por una característica de la forma de aplicar de los operarios: ninguno de ellos tenía un paso estable durante su aplicación; al inicio caminaban más rápido, luego la velocidad disminuyó durante el transcurso de la aplicación y volvió a aumentar cerca de la finalización de la aplicación. El movimiento de aplicación se liga, por lo general, con el ritmo del caminado, por lo que tampoco la velocidad era uniforme.

Tal y como lo señala Mathews (1985), además de la influencia directa del operario y del método

de aplicación que éste usa, existieron otros factores que tuvieron influencia sobre la efectividad de la cobertura en la aplicación de los plaguicidas. Es posible entonces que uno o varios de estos factores sean los que causaron la desuniformidad observada en la cobertura durante el experimento. Al respecto, con base en los límites de confianza del Cuadro 2, los operarios que tuvieron una menor variabilidad en las aplicaciones, fueron los 2, 3 y 5, que a su vez fueron los de más experiencia con 10, cinco y cuatro años respectivamente (Cuadro 1), mientras que los dos con mayor variabilidad en sus aplicaciones fueron el 1 y el 4, que sólo tenían un año de experiencia en la labor de aplicación. Los operarios que presentaron las mayores variaciones en las aplicaciones (operario uno y cuatro), fueron también los más jóvenes del grupo, con sólo 19 y 21 años (Cuadro 1), mientras que los operarios con aplicaciones más uniformes, fueron los de mayor edad (30 y 41 años).

Por otra parte, en concordancia con Mathews (1985), Friedrich (2004) y Bushing y Young (1985), los resultados del experimento presentaron evidencia de que los volúmenes altos de descarga de líquido de aplicación, como los utilizados durante el experimento, no garantizaron una distribución adecuada, pero si aumentan los costos de producción y la probabilidad de contaminar el suelo y las fuentes de agua.

Friedrich (2004) señala que la inversión en entrenamiento y la capacitación de los operarios de fumigación produce un mejoramiento en sus operaciones y en los resultados de las aplicaciones de plaguicida siempre y cuando los otros factores que tienen influencia sobre la calidad de la cobertura estén bajo control. Además, por Harrington (1996), todo cambio no produce un mejoramiento. En este experimento indica que a pesar de que los aplicadores han recibido capacitación, los resultados no fueron los óptimos, por lo tanto, es fundamental evaluar las modificaciones al proceso de aspersión de agroquímicos u otro factor antes de introducirlos a nivel comercial.

LITERATURA CITADA

- Amsden, DM; Butler, HE; Amsden, RT. 1996. Control estadístico de procesos simplificado para servicios. Herramientas prácticas para la mejora continua de la calidad. Panorama Editorial Traducción al español por Juan Carlos Jolly. México. 303 p.
- Bushing, EW; Young, ED. 1985. Equipment and techniques of application. Pesticide applicator training courses, Department of Environmental Biochemistry, Honolulu, Hawaii, USA. (en línea). Consultado: 6 marzo 2006. Disponible en: <http://pestworld.stjohn.hawaii.edu/studypackets/techniq.html>
- CIBA-GEIGY. s.f. Water-sensitive paper for monitoring spray distribution. Material mimeografiado. Switzerland. 15 p.
- Friedrich, T. 2004. Agricultural pesticide application, concepts for improvements. FAO Agricultural Engineering Branch, Rome, Italy. Documento virtual (en línea). Consultado: 6 marzo 2006. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ags/agse/pae.htm>
- Harrington, J. 1996. Administración total del mejoramiento continuo. La nueva generación. Mc Graw-Hill Interamericana, S.A., Colombia. 495 p.
- Matthews, GA. 1985. Pesticide application methods. 3rd impression. Longman Group Limited. New York, United States of America. p. 13, 32, 34, 35.
- SAS Institute. 2006. Statistical Analysis System. Version 8. North Caroline. USA.
- Whitney, SP. 1996. Measuring adoption of new drift-reduction practices among pesticide applicators as a result of training. Cooperative Extension System, University of Delaware, Newark, Delaware, U.S.A. (en línea). Consultado 6 marzo 2006. Disponible en <http://www.udel.edu/pesticide/drift.htm>
- Whitney, SP. 2000. Validation of an instrument to measure behavior change as a result of pesticide applicator training. Cooperative Extension System, University of Delaware, Newark, Delaware, USA. (en línea). Consultado: 6 marzo 2006. Disponible en <http://www.udel.edu/pesticide/measurechange.htm>