



## Estudio de la absorción y distribución del clorpirifos en plantas de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex chiov.) cultivadas hidropónicamente<sup>□</sup>

*Study of the absorption and distribution of chlorpyrifos in plants of Kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex chiov.) in hydroponics*

*Estudo da absorção e distribuição de clorpirifós em plantas de capim-kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex chiov.) cultivadas hidroponicamente*

Sara María Márquez Girón<sup>1\*</sup>, Ing Agríc, MSc; Roberto Mosquera Ballesteros<sup>1</sup>, Ing Agríc, MSc; Mágela Herrera Torres<sup>1</sup>, Zoot, MSc; Cristian Monedero<sup>1</sup>, Zoot.

<sup>1</sup>Grupo de Investigación GRICA. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, AA 1226, Medellín, Colombia.

(Recibido: 9 febrero, 2009; aceptado: 20 abril, 2010)

### Resumen

*El clorpirifos es un insecticida organofosforado de categoría II, empleado para el control químico de plagas en las praderas utilizadas para la producción lechera de la región Norte de Antioquia. Se realizó un estudio para conocer el comportamiento de la bioacumulación del clorpirifos en el tejido vegetal (raíz y follaje) del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex chiov.), con dos dosificaciones del plaguicida y la dinámica de los procesos de acumulación del producto. El estudio se desarrolló en un cultivo de pasto hidropónico en el cobertizo de la hacienda La Montaña, de propiedad de la Universidad de Antioquia. Se utilizaron dos concentraciones de clorpirifos comercial (200 y 400 cc/Ha), realizándose un monitoreo durante 72 horas después de la aplicación. La cuantificación se hizo por cromatografía de gases. El análisis estadístico se hizo con el procedimiento Mixed del programa SAS con medidas repetidas y las comparaciones de media se realizaron por la prueba de Tukey y Kramer. Los resultados mostraron una mayor bioacumulación en la matriz raíz que en la matriz follaje.*

**Palabras clave:** bioacumulación, clorpirifos, kikuyo.

□ Para citar este artículo: Márquez SM, Mosquera R, Herrera M, Monedero C. Estudio de la absorción y distribución del clorpirifos en plantas de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex chiov.) cultivadas hidropónicamente. Rev Colomb Cienc Pecu 2010; 158-165.

\* Autor para correspondencia: Sara María Márquez Girón. Escuela de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación GRICA, Universidad de Antioquia. AA1226, Medellín, Colombia. Correo electrónico: saramariamarquezg@gmail.com.

### Summary

*Chlorpyrifos is an organophosphate insecticide Category II, used for chemical control of pests in the grasslands used for dairy production in the northern Antioquia. A study was conducted to know the behavior of bioaccumulation of chlorpyrifos in plant tissue (stem and foliage) of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex chiov.), with two doses of the pesticide and the dynamics of the processes of product accumulation. The study was developed in a hydroponic cultivation of grass in the shed of the farm Montaña, owned by the University of Antioquia. We used two concentrations of commercial chlorpyrifos (200 and 400 cc / ha), will be monitored for 72 hours after application. The quantification was made by gas chromatography. Statistical analysis was done with the program SAS Mixed procedure with repeated measures and comparisons of means was made by the Tukey-Kramer test. The results showed a higher bioaccumulation in the root matrix in the matrix foliage.*

**Key words:** *bioaccumulation, chlorpyrifos, kikuyo.*

### Resumo

*O clorpirifós é um inseticida organofosforado de categoria II, utilizado para o controle químico das plagas nos cultivos utilizados para a produção de leite na região norte da Antioquia. Foi realizado um estudo para conhecer o comportamento da bioacumulação do clorpirifós no tecido vegetal (raiz e folhagem) do capim Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex chiov.), com duas doses do praguicida e a dinâmica dos processos de acumulação do produto. O estudo foi desenvolvido em um cultivar hidropônico da fazenda La Montaña, de propriedade da Universidade da Antioquia. Foram utilizadas duas concentrações de clorpirifós comercial (200 e 400 cc/Ha), realizando-se um monitoramento durante 72 horas depois da aplicação. A quantificação foi realizada por cromatografia de gases. O Análises estatístico foi realizado pelo procedimento Mixed do programa SAS com medidas repetidas e as comparações de médias foram realizadas pelo teste de Tukey e Kramer. Os resultados mostraram uma maior bioacumulação na matriz da raiz que a matriz da folhagem.*

**Palavras chave:** *bioacumulação, clorpirifós, kikuyo.*

---

## Introducción

En el Altiplano Norte Antioqueño, el Kikuyo ocupa el 80% del área dedicada a la producción lechera. El uso inadecuado de los insecticidas de amplio espectro, ha sido el responsable de la presencia de residuos en los productos pecuarios, del desarrollo de resistencia de las plagas a los productos químicos, de acumulación de estas sustancias en los pastos, de intoxicación y muerte de animales, y por lo tanto, del incremento en los costos de la producción pecuaria (Vergara, 1998). Los residuos de algunos plaguicidas están apareciendo en la leche y causando problemas biológicos a los bovinos, incluso, los humanos pueden estar consumiendo productos cárnicos y lácteos contaminados con plaguicidas (Yépez, 1993). La aplicación de estos compuestos es frecuentemente indiscriminada, observándose aumento en las dosis, aplicaciones frecuentes e innecesarias, así como la utilización incorrecta de las formulaciones (Loaiza, 2003).

La evaluación de los riesgos tanto ambientales como para la salud humana, generados por la presencia de xenobióticos en las zonas agropecuarias, implica un conocimiento detallado de su comportamiento en la fase ambiental y de la cinética de acumulación en plantas y consumidores. En análisis a través de cromatografía, Orozco (1995), estableció la presencia del clorpirifos y de clorotalonil, en tubérculos de papa y en tomates, provenientes de varios municipios del Oriente Antioqueño en los que se aplican altas y frecuentes dosis de estos dos pesticidas.

Márquez (2001) en una evaluación de efectos de la aplicación de clorpirifos en un suelo y un cultivo de pasto Kikuyo en el Norte Antioqueño, detectó para la totalidad de los tratamientos y los períodos de muestreo la presencia de clorpirifos en el follaje del pasto. En todos los tratamientos se registró un aumento de las concentraciones del insecticida en el suelo y en el pasto Kikuyo en

el día 35 y una leve reducción el día 63, luego de una única aplicación. Si se considera el efecto del incremento de la biomasa vegetal por el crecimiento del pasto, sobre la concentración se debería esperar una mayor reducción del clorpirifos en los tejidos como consecuencia de un efecto de dilución. Las reducidas diferencias en las concentraciones del pesticida a través del tiempo muestran que probablemente hubo translocación de la sustancia desde el suelo al pasto e indica que el clorpirifos del suelo se encuentra parcialmente biodisponible para la vegetación.

En el caso del pasto Kikuyo, de amplia utilización en la zona ganadera del Norte Antioqueño, se realizó un estudio para estimar la bioacumulación del clorpirifos en los tejidos del pasto durante las aplicaciones normales del insecticida y la dinámica de los procesos de acumulación del producto, a fin de contribuir con la evaluación de los riesgos de la acumulación en el tejido vegetal. En este

estudio se estableció: a) la cinética de absorción en pasto Kikuyo tratado con dos concentraciones de clorpirifos y b) la distribución del clorpirifos en raíz y follaje de la planta.

El clorpirifos es un insecticida clasificado como categoría II (Córdoba, 2001), es el más utilizado en la zona norte del departamento de Antioquia. A continuación se presentan sus características físicas químicas (Tabla 1) según la ficha técnica de la U. S. Department of Health and Human Services (2009) tiene el nombre sistemático clorpirifos es O,O-dietil O-3,5,6 tricloro-2-piridil fosforotioato). El clorpirifos pertenece al grupo de toxicidad II y fue registrado por la Dow Chemical Company en 1965.

La información disponible con respecto a la persistencia del clorpirifos en el suelo y en los vegetales es muy variable e inconsistente. En la tabla 2 se presenta un resumen de la revisión de diferentes fuentes con respecto a estos parámetros.

Tabla 1. Propiedades físico – químicas del clorpirifos.

Propiedad	Valoración
Apariencia	Sólido cristalino de ámbar a blanco con un leve olor sulfúrico.
Peso molecular	350.62
Solubilidad en agua	2 mg/L a 25 °C.
Solubilidad en otros solventes	Benceno 7900 g/kg, acetona 6500 g/kg, cloroformo 6300 g/kg a 25 °C.
Punto de fusión	41.5 a 44 °C
Presión de vapor	2.5 mPa a 25 °C
Coefficiente de partición ( $K_{ow}$ )	4.6990
Coefficiente de adsorción	6070

Tabla 2. Persistencia de clorpirifos en el suelo y en los vegetales.

Referencia	Persistencia en suelo	Persistencia en los vegetales
Extensión Toxicology Network, 1996	60 y los 120 días, rango 2 semanas-años	10-14 días, sobre la superficie
National Pesticide telecommunications Network, 1999	30 días	3.4 días
Royal Society of Chemistry, 1987	80-100 días	-
ITGME, 1992 (para organofosforados)	0.9-60 días	-
Márquez G Sara, 2001	63 días	63 días

## Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el cobertizo de la hacienda “La Montaña”, propiedad de la Universidad de Antioquia, con una extensión de 21 hectáreas, localizada en el municipio de San Pedro de los Milagros (Antioquia - Colombia)

en la vereda Monterredondo, a una altura de 2.460 m.s.n.m. y con topografía ondulada. La temperatura promedio en la zona es de 15°C. La precipitación anual asciende a 1.575 mm y la humedad relativa alcanza el 72% y una zona de vida de bosque húmedo montano bajo (bh-MB). Con una explotación lechera de raza Holstein puro

y con cobertura vegetal dominante de pasto Kikuyo. Para el cultivo hidropónico de pasto Kikuyo se extrajeron cespedones recolectados de una pradera libre de plaguicidas. Para determinar la acumulación y distribución de clorpirifos en el tejido vegetal, las plantas de pasto Kikuyo, libres de plaguicidas, se sembraron en bandejas de aluminio en un sustrato inerte, arenilla de cuarzo (Ortega, 1984) y cada dos días se alimentaban con sustancias nutritivas (elementos mayores y menores) recomendadas para cultivos hidropónicos.

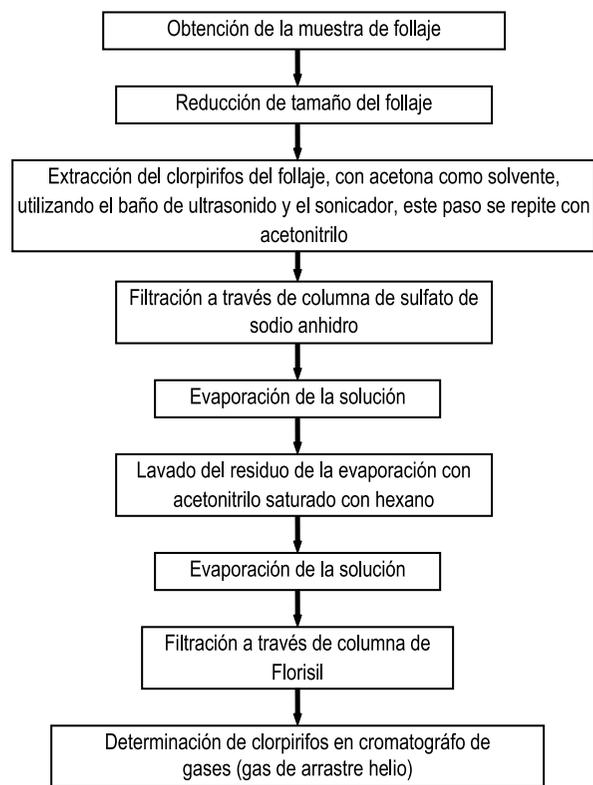
Las dosificaciones usadas en el estudio fueron dos: 200cc/Ha por debajo de la recomendación comercial (300 cc/Ha recomendación comercial) y la segunda correspondió a 400 cc/Ha por encima de la recomendación comercial. La aplicación del plaguicida clorpirifos se realizó a la hora cero (6:00 a.m.) y las primeras muestras de follaje y de raíz pasto Kikuyo, se recolectaron a las cuatro horas después de la aplicación (muestreo 1), las segundas muestras se recolectaron a las 24 horas después de la aplicación (muestreo 2); las terceras muestras se recolectaron a las 48 horas después de la aplicación (muestreo 3) y las últimas muestras se tomaron a las 72 horas después de la aplicación (muestreo 4). Se cortaron cespedones de pasto Kikuyo de la parte central de la maceta de aluminio, a los cuales se le retiraba la arenilla de cuarzo y se separaron en raíz y follaje.

Para determinar la presencia del clorpirifos en las muestras de follaje y raíz de pasto Kikuyo del cultivo hidropónico se empleó un cromatógrafo de gases Hewlett Packard con automuestreador. Las condiciones cromatográficas empleadas correspondieron a una fase móvil de helio, las cuales se presentan en la tabla 3.

**Tabla 3.** Condiciones cromatográficas

Gas portador	Helio
Flujo por columna	1 mL/min
Temperatura del detector	280 °C
Temperatura del inyector	250 °C
Temperatura inicial	100 °C (2 minutos)
Temperatura final	215 °C (5 minutos)
Velocidad de incremento de la temperatura	30 °C/min
Modo de inyección de la muestra	Automático
Tiempo de análisis	Minutos

El estándar de clorpirifos y los reactivos utilizados en el análisis de las muestras de pasto Kikuyo de cultivo hidropónico se describen a continuación: clorpirifos estándar certificado marca Chem Service, 99% de pureza; y los reactivos fueron: acetona grado ACS marca Merck, acetonitrilo grado ACS marca Merck, hexano grado ACS marca Merck, florisil malla 60/100 preactivado y acondicionado en el laboratorio a 550 °C por 4 horas y guardado en desecador hermético, sulfato de sodio anhidro, grado ACS acondicionado en el laboratorio a 550 °C por 4 horas y guardado en desecador hermético.



**Figura 1.** Diagrama de flujo para la determinación de clorpirifos en muestras de pasto Kikuyo.

Las muestras de raíz y follaje de pasto Kikuyo fueron procesadas en el laboratorio siguiendo la metodología del diagrama de flujo (Figura 1), para los diferentes tratamientos y para cada matriz de raíz y follaje de pasto Kikuyo se realizó una curva de calibración.

Para el análisis estadístico las variables concentración de clorpirifos en raíz y en follaje fueron medidas en las horas 4, 24, 48 y 72 después de la aplicación de dos dosificaciones de 200 y 400

cc por hectárea, correspondientes a los muestreos 1, 2, 3 y 4. Estas variables fueron analizadas separadamente, mediante un modelo mixto con medidas repetidas de la misma maceta, con una estructura autoregresiva de primer orden (Littell, 1998). El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + W_i + T_j(WT)_{ij} + a_{k:j} + e_{ijkl}$$

Donde:  $y_{ijkl}$  es la variable respuesta (concentración de clorpirifos en raíz y en follaje);  $\mu$  es la media general;  $\omega_i$  es el efecto fijo del  $i$ -ésima hora pos corte ( $i=1,.,4$ );  $\tau_j$  es el efecto fijo de la  $j$ -ésima dosis de aplicación ( $j=200,400$ );  $(\omega\tau)_{ij}$  es el efecto de la interacción de la hora de corte por la dosis de aplicación;  $a_{k:j}$  es el efecto aleatorio de la  $j$ -ésima maceta dentro de la  $j$ -ésima dosis

de aplicación con  $a \sim \text{NID}(0, \sigma_a^2)$ ; y  $e_{ijkl}$  es el efecto aleatorio residual con  $e \sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$ . El análisis estadístico se realizó con el procedimiento Mixed del programa SAS y las comparaciones de medias se realizaron usando la prueba de Tukey y Kramer del programa SAS, teniendo en cuenta la estructura de covarianzas.

## Resultados

### Validación del método

Bajo las condiciones de laboratorio y las condiciones del cromatógrafo descritas anteriormente se realizó la validación del método de extracción y cuantificación del insecticida en muestras de pasto Kikuyo. Los cromatogramas obtenidos se presentan en las figuras 2, 3 y 4.

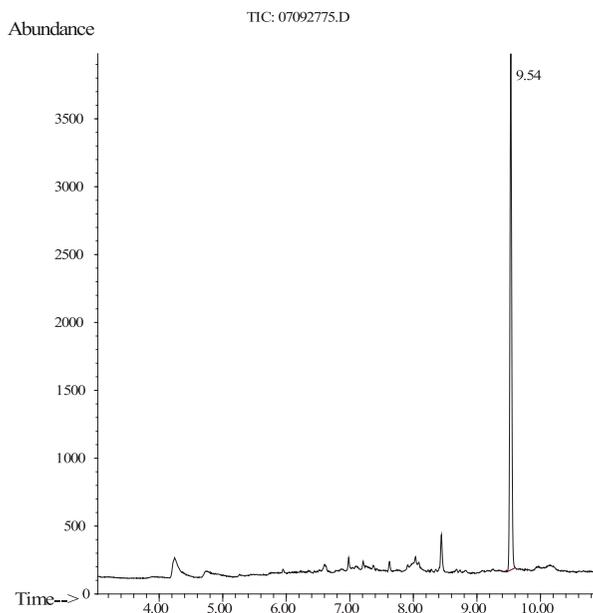


Figura 2. Cromatograma de raíz de pasto Kikuyo con aplicación de clorpirifos.

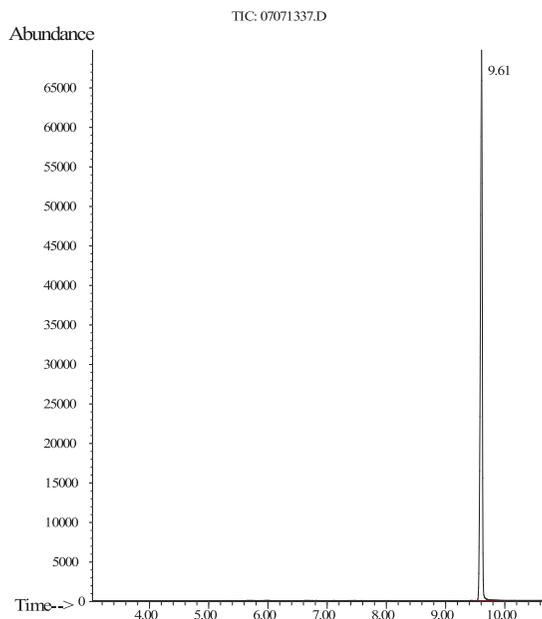


Figura 3. Cromatograma de un estándar de clorpirifos.

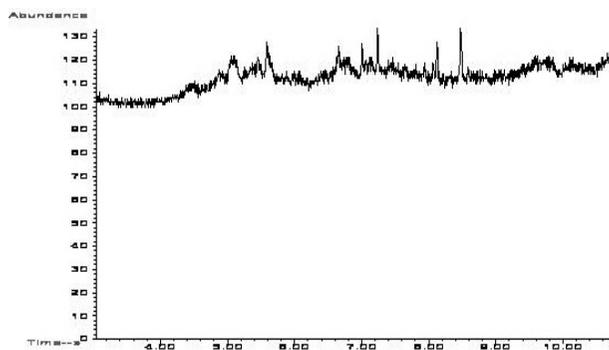


Figura 4. Cromatograma de tejido vegetal blanco.

### Determinación del clorpirifos en raíz

En la figura 5, se presenta el comportamiento de la bioacumulación del insecticida en el tejido raíz de pasto Kikuyo bajo las dos concentraciones planteadas, para la concentración de 200 cc/Ha fue de 11,313 ppm y para la concentración de 400 cc/Ha fue de 38,366 ppm. Para las dos concentraciones se observó una tendencia levemente homogénea en los muestreos 1, 2 y 3. En las dos concentraciones se evidencia la bioacumulación del insecticida en la raíz. En la matriz raíz para concentración de 200 cc/Ha se presentó una acumulación con diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) entre los muestreos 1, 2 y 3; el muestreo 4 no presentó diferencia estadística. Para la concentración de 400cc/Ha se presentó diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) entre el muestreo 4 y los demás muestreos (1, 2 y 3) no presentaron diferencia estadística ( $p > 0.05$ ).

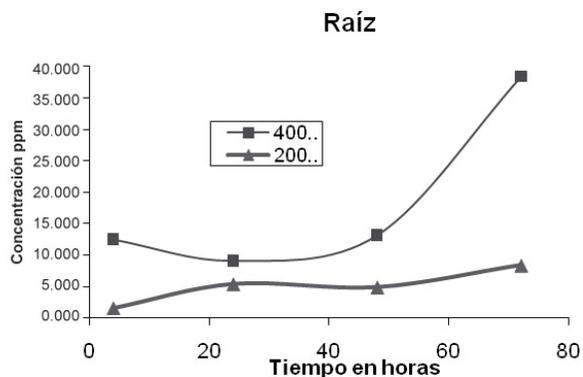


Figura 5. Resultados de la bioacumulación del clorpirifos en la matriz raíz de pasto Kikuyo.

### Determinación del clorpirifos en follaje

Los resultados también evidencian una bioacumulación del insecticida en el follaje (Figura 6). Para la concentración de 200 cc/Ha se presentó una bioacumulación 0.215 ppm y para la concentración de 400 cc/Ha se presentó una bioacumulación de 0.640 ppm, aunque las concentraciones son significativamente menores que las encontradas en la matriz raíz, lo cual corrobora la bioacumulación del pesticida en raíz en concentraciones más altas. En la matriz follaje para el tratamiento con 200 cc/Ha no se presentó diferencia estadística entre los muestreos ( $p > 0.05$ ). Para el tratamiento con 400 cc/Ha se presentó una diferencia estadística entre los muestreos 1 y 2

( $p < 0.05$ ) y en los muestreos 3 y 4 no se presentó diferencia estadística ( $p > 0.05$ ).

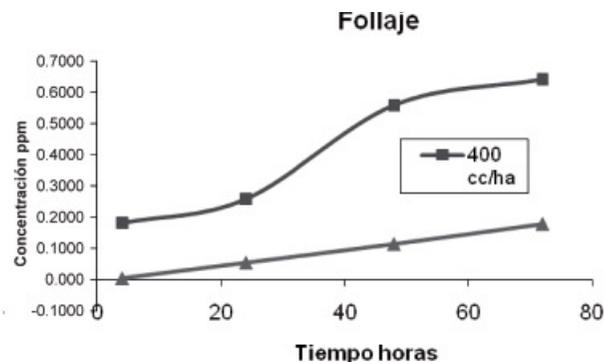


Figura 6. Resultados de la bioacumulación del clorpirifos en la matriz follaje de pasto Kikuyo.

### Discusión

Se evidenció que el clorpirifos es un compuesto sistémico y que se transporta a través del sistema vascular de plantas de pasto Kikuyo, desde la raíz hasta el follaje. Se observó bioacumulación del clorpirifos en la raíz y en el follaje de la planta, lo que concuerda con los hallazgos de Márquez (2001) en un cultivo de pasto Kikuyo realizado en bolsa con suelo de la región, esto contrasta con lo reportado en The Pesticide Manual (2006), donde se afirma que el clorpirifos en el destino ambiental en las plantas no es sistémico. En un estudio realizado por Murcia y Stashenko (2008), donde determinaron plaguicidas organofosforados en vegetales producidos en Colombia, encontraron que los alimentos más contaminados fueron: tomate, cebolla y papa. La papa es un tubérculo (tallo subterráneo), este resultado indica que el insecticida se transportó por el tejido vascular hacia el tubérculo o fue absorbido por este a través de la raíz desde el suelo.

La cinética de bioacumulación del clorpirifos fue mayor en la matriz raíz que en la matriz follaje. Este comportamiento es igual al observado por Sashwati *et al.* (1994), en estudios realizados en la *Eichhornia crassipes*, planta acuática usada para el tratamiento de aguas residuales. El índice de acumulación tanto para las raíces como para las hojas, fue más alto durante las 12 primeras horas de exposición y después empezó a disminuir gradualmente. Además, se encontró una bioconcentración más alta en las raíces que en las hojas (Sashwati *et al.*, 1994).

Según Trapp y Mc Farlane (1995), la propiedad más importante que controla el movimiento de los productos químicos en las plantas es la lipoafinidad, (el balance entre la afinidad del producto por fases acuosas y lipídicas). Este parámetro determina la facilidad de movimiento a través de las membranas de la planta. El clorpirifos posee un coeficiente de partición alto y una baja solubilidad, los cuales explican la predominancia del producto asociado a los coloides y a la materia orgánica, y su escasa deposición en aguas (Trapp y Mc Farlane, 1995). Por esta razón, el presente ensayo se realizó en cultivo hidropónico, con el fin de garantizar la presencia del insecticida disuelto en la solución de cultivo y poder analizar la ruta que sigue en la planta. Sin embargo, en esta investigación se evidenció el movimiento del clorpirifos de la solución de cultivo a la raíz y de la raíz al follaje, a pesar de su alta lipoafinidad, como puede apreciarse en las figuras 5 y 6.

Con la aplicación más alta del insecticida, se encontró mayor concentración en el tejido vegetal del pasto, situación que se debe complementar con muestreos bajo condiciones de campo ya que el productor siempre acostumbra aplicar más producto que la dosis comercial recomendada por la casa fabricante.

La concentración de clorpirifos más baja presentó en la matriz follaje del pasto el comportamiento mostrado en la figura 6, estas concentraciones presentaron una tendencia a estabilizarse durante 48 horas posteriores a la aplicación (muestreo 3); esta situación coincide con la reportada por Sashwati *et al.* (1994), donde exponen que la fase inicial de toma del xenobiótico por parte de la planta es rápida y alcanza un estado casi constante entre las 24 y 48 horas de exposición al producto; sin embargo Briggs *et al.* (1983) menciona que se necesita un periodo de tiempo entre 72 y 96 horas para que las concentraciones del xenobióticos se incrementen en las hojas. En cuanto a la acumulación baja del clorpirifos en las hojas de pasto Kikuyo es similar al comportamiento que Sashwati *et al.* (1994) reportan de la *Eichhornia crassipes*, donde afirma que el compuesto químico fue transportado a las hojas a través de los tejidos conductores y que el xenobiótico aumentó pero en una tasa más lenta

que en las raíces. El transporte de los xenobióticos desde la raíz hasta las hojas fué estudiados en un cultivo hidropónico de cebada (otra gramínea), donde Briggs *et al.* (1983), determinaron la distribución de productos químicos no ionizables, orto-metilcarbamoiloximas y fenilúreas sustituidas, en plantas de cebada cultivadas hidropónicamente, realizándole el seguimiento a la toma por las raíces desde una solución. Estos autores encontraron que las concentraciones de los dos productos químicos en las secciones basal y central de las plantas llegan a ser constantes en el período de 24 a 48 horas y que las cantidades de pesticidas en las hojas se incrementaron a partir de las 72 o 96 horas. En esta investigación el clorpirifos presentó una tendencia a estabilizarse en el follaje de Kikuyo a las 48 horas después de aplicado el insecticida.

La toma de clorpirifos por el pasto Kikuyo es la primera etapa para la bioacumulación en la cadena alimenticia, pero hasta el momento se desconocen los efectos de los mecanismos del metabolismo del producto en el tejido vegetal de esta planta, ya que estos productos químicos pueden generar metabolitos secundarios que en algunos casos pueden ser más peligrosos que los originales; al tenerse claridad en este aspecto se puede recomendar el tiempo de descanso de las praderas de pasto Kikuyo para garantizar la degradación natural del producto.

El presente estudio partió de los resultados obtenidos en otras investigaciones realizadas en la zona dentro de las cuales la concentración de clorpirifos en el follaje de plantas de pasto Kikuyo cultivadas en bolsa, aumentaba después de una única aplicación del insecticida hasta el día 35, lo cual mostraba indicios de un transporte activo de la sustancia a través de la ruta suelo-raíz- follaje (Márquez, 2001), Existen reportes de otras investigaciones que encontraron resultados similares, tal como es el caso de Putnam *et al.* (2003) que estudiaron la persistencia, distribución y degradación de clorpirifos en un cultivo comercial de arándano desarrollado en un humedal, y fue detectado en la fruta cosechada (62 días después de la aplicación), pero no se encontraron metabolitos. No se encontraron antecedentes bibliográficos sobre determinación de clorpirifos en pasto Kikuyo en cultivo hidropónico.

Se recomienda continuar el estudio de absorción del clorpirifos en las praderas de pasto Kikuyo simulando las condiciones de manejo agrícola que el productor tiene programado para su cosecha y consumo por parte de los bovinos de leche, de manera que permita hacer un seguimiento al clorpirifos en el suelo, y en la matriz raíz y follaje del pasto.

## Referencias

Briggs, GG; Bromilow, R. H.; Evans, A. A. and Williams, M. Relationships between lipophilicity and the distribution of nonionised chemicals in barley shoots. *Pestic. Sci.* 1983; 14:492-500.

Córdoba, D. Toxicología. Bogotá, El Manual Moderno, 2001.

Littell RC, Henry PR y Ammerman CB. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal Animal Science.* 1998; 76:1216-1231.

Loaiza AC. Lineamientos de políticas sobre uso y manejo mesurado de plaguicidas con énfasis en el sector agropecuario y forestal del departamento de Antioquia. Convenio interinstitucional, 23 de dic, 2003 entre: CEIBA, CORNARE y DAMA-ANTIOQUIA. Medellín, Colombia; 2005.

Márquez SM. Evaluación de algunos efectos de la aplicación de Lorsban (Clorpirifos) en un suelo y un cultivo de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex Chiov.), en el norte antioqueño. Universidad de Antioquia, Trabajo de Grado. Medellín; 2001.

Murcia AM y Stashenko E. Determinación de plaguicidas organofosforados en vegetales producidos en Colombia. 2008; *Agro Sur* 36:71-81.

Orozco G RD. Determinación de residuos de plaguicidas (Lorsban y Bravo 500) en papa y tomate, provenientes del oriente antioqueño. Tesis Universidad de Antioquia. Medellín; 1995.

## Agradecimientos

Al personal del laboratorio Centro de Investigaciones Ambientales e Ingeniería, Facultad de Ingeniería; Universidad de Antioquia (Medellín – Colombia), por la asesoría en los procesos y análisis de la información de los datos para el desarrollo de la investigación. Al CODI por la financiación.

Ortega A, Serrano A, Cultivos hidropónicos, Universidad Nacional de Colombia seccional Medellín, Facultad de Agronomía; 1984.

Putnam RA, Nelson JO, Clark JA. The persistence and degradation of chlorothalonil and chlorpyrifos in a cranberry bog. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003; 51:170-176.

Sashwati R and Osmo H.. Pentachlorophenol: uptake/elimination kinetics and metabolism in an aquatic plant, *Eichhornia crassipes*, *Environmental Toxicology and Chemistry*; 1994; 13:763-773.

The Pesticide Manual. A word compendium Fourteenth edition. Editor CDS Tomlin, ISBN 101901396; 2006.

Trapp S y Mc Farlane J. Plant contamination, modeling and simulation of organic chemical processes. Lewis Publishers, United States of America; 1995.

U.S. Department of Health and Human Services. Toxicological Profile for Chlopyrifos. 1997 (2 de enero de 2009) URL: [www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp84.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp84.pdf).

Vergara RR. “Efectos de los insectos - plagas en potreros”. En: *Seminario nacional sobre sanidad de pastos y forrajes*. Universidad de Antioquia. Medellín; 1998.

Yépez RF. Contribución al conocimiento de la situación actual del manejo de los pastos de clima frío del departamento de Antioquia. Secretaría de Agricultura de Antioquia. Medellín; 1993.