

Calidad del agua cercana al cultivo del plátano (*musa aab*) en el sur del lago, Estado Zulia

Juan Arias, Mary Andara, Jean Belandria
Neliana Berrio, Nayla Puche, Néstor Montiel
Nancy Morillo, Ana Leal, Arnaldo Rivas
Laboratorio Control de Productos
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Zulia)
Venezuela
jarias.inia.zulia@gmail.com

Fecha de recepción: 20 - 09 - 2015 Fecha de aceptación: 12- 11- 2015

Resumen

La Región Sur del Lago del estado Zulia presenta un uso de suelo mayoritariamente agrícola con predominio del cultivo de plátano. Una variedad de fertilizantes y plaguicidas son usados para aumentar la productividad del cultivo, lo que provoca una grave contaminación ambiental cuando estos se depositan en el suelo y son arrastrados por las lluvias a los ríos. Debido a este problema, se propuso evaluar la calidad de las fuentes de agua afectadas por el

cultivo de plátano. Para ello se seleccionaron tres puntos de recolección de muestras de agua durante el mes de octubre del 2011; estas se transportaron al Laboratorio Control de Productos del INIA-Zulia para su análisis fisicoquímico y determinación de plaguicidas por cromatografía. Se realizaron bioensayos de toxicidad donde se utilizaron neonatos del cladóceros *Moina* sp. para determinar la concentración letal media (CL50). Los parámetros fisicoquímicos de las aguas estudiadas están dentro de los límites normales establecidos en la

Gaceta Oficial (Decreto 886). El análisis de plaguicidas detectó la presencia del insecticida metamidofos, aunque su concentración fue menor al límite máximo permisible (0,2 ppm). La (CL50) de las muestras de agua es de 88,04 % (análisis Probit), que equivale a 1,13 unidades de toxicidad (UT) lo cual la clasifica como un agua ligeramente tóxica. Los resultados de los bioensayos revelaron la presencia de compuestos tóxicos que no fueron detectados por los métodos de análisis convencionales.

Palabras clave: Calidad de agua; plátano; plaguicidas; biotoxicidad; *Moina* sp.

Quality close to water plantain (*Musa Aab*) in south lake, Zulia State

Abstract

The Southern Region of the Lake in the state of Zulia presents a mostly agricultural land use with predominance of banana cultivation. A variety of fertilizers and pesticides are used to increase the productivity of the crop, which causes serious environmental pollution when these are deposited in the soil and are washed into the rivers. Because of this problem, it was proposed to evaluate the quality of water sources affected by the banana crop. For this

purpose, three water sample collection points were selected during the month of October 2011; these were transported to the Product Control Laboratory of INIA-Zulia for their physicochemical analysis and determination of pesticides by chromatography. Toxicity bioassays were performed where neonates of the cladocera *Moina* sp. were used to determine the mean lethal concentration (LC50). The physicochemical parameters of the waters studied are within the normal limits established in the Official Gazette (Decree 886). Pesticide

analysis detected the presence of the insecticide methamidophos, although its concentration was lower than the maximum permissible limit (0.2 ppm). The (LC50) of the water samples is 88.04 % (Probit analysis), which is equivalent to 1.13 units of toxicity (UT) which classifies it as slightly toxic water. The results of the bioassays revealed the presence of toxic compounds that were not detected by conventional analytical methods.

Keywords: Water quality; banana; pesticides; toxicity; *Moina* sp.

Introducción

La calidad del agua se encuentra condicionada por un conjunto variado de procesos naturales y de actividades antrópicas que interactúan entre sí de manera directa o indirecta; por lo tanto, la misma se vincula o asocia con los diferentes usos del territorio que se desarrollan en una cuenca. Actualmente, el desarrollo de la agricultura es un factor que ha incidido negativamente en la calidad de los cuerpos de agua. En muchos países se ha originado la expansión del riego y una utilización cada vez mayor de fertilizantes y plaguicidas con el fin de lograr y mantener rendimientos superiores (Ongley, 1997).

La contaminación de las aguas superficiales está íntimamente relacionada con el proceso de pérdida de suelos, por el arrastre de sedimentos combinados con nutrientes. Es así como los plaguicidas, después de su aplicación, pueden ser lixiviados dentro o a través del suelo (Brooks *et al.* 1991), o transportados por escorrentía superficial hacia los receptores hídricos (Louchart *et al.* 2001). Son varios los factores que intervienen en el proceso de transporte de plaguicidas hacia cuerpos de aguas superficiales, entre ellos, las propiedades físicas y químicas de los compuestos.

La problemática de contaminación del Sistema Maracaibo está básicamente relacionada con la eutrofización, contaminación orgánica por plaguicidas, metales pesados, petróleo y salinización. La contaminación por plaguicidas ocasionada por la actividad agropecuaria se realiza en la subcuenca del Catatumbo, Escalante y del río Chama. Recordemos

que esta cuenca es la que produce 20 % de la leche del país, 90 % de los plátanos y la mitad de la carne, aquí se utilizan 3 millones de hectáreas fundamentalmente de ganadería semiintensiva. El objetivo de este trabajo es realizar un monitoreo biológico, químico y ensayos de biotoxicidad como herramienta para evaluar el efecto del cultivo de plátano (*Musa AAB*) sobre la calidad del agua en la región Sur del Lago del estado Zulia.

Materiales y métodos

El área de estudio corresponde a la región Sur del Lago de Maracaibo, sector Morralito municipio Colón, estado Zulia, Venezuela. Esta zona se caracteriza por poseer suelos fértiles y húmedos de textura limosa gruesa. Para la evaluación de la calidad del agua se recolectaron muestras durante el mes de octubre de 2011. Se tomaron tres muestras por punto, a una profundidad de 50 cm de la superficie del cuerpo de agua. La recolección se realizó con envases plásticos de un litro (análisis físicoquímicos) y envases de vidrio 250 ml (análisis microbiológicos). Las tres localidades escogidas para el muestreo fueron: 1) Caño Chamita.

Coordenadas N 8°46'172" O 71°44'053". 2) Brazo al Chama.

Coordenadas: N 08° 51' 48.6" W 071°39'57.4". 3) Río Chama

Coordenadas N 08°51'195" W 071°39'57.4".

Se midieron de manera puntual las siguientes variables: pH, conductividad, oxígeno disuelto con los sensores Passport-AirLink2 (Pasco Scientific), sólidos totales disueltos y temperatura (HI 98129 Hanna Instruments). Adicionalmente, por cada sitio de

muestreo se tomaron dos litros de agua en frascos de vidrio, los cuales fueron refrigerados y transportados al Laboratorio Control de Productos del INIA-Zulia donde se realizaron análisis microbiológicos (coliformes totales y termoresistentes) así como fisicoquímicos (alcalinidad, dureza, cloruros, nitritos y nitratos) siguiendo el protocolo de las normas COVENIN y APHA (1995).

Para el análisis de plaguicidas organofosforados las muestras de agua fueron procesadas en el Laboratorio de Cromatografía de la Facultad de Agronomía (LUZ). La determinación de los plaguicidas en las muestras se realizó empleando extracción en fase sólida (SPE) con cartuchos de C18 (500mg) y acetato de etilo/acetona (90:10 %v/v) como solvente de desorción. Se siguió el procedimiento reportado por Medina y col. (1999) con algunas modificaciones. La cuantificación se realizó empleando un cromatógrafo de gases Perkin Elmer Autosystem equipado con una columna capilar DB-17 de 30 m x 0,53 mm D.I. x 1,0 µm de espesor de película de 50 % fenil metil polisiloxano, un detector selectivo nitrógeno-fósforo y un inyector automático Perkin Elmer. El tiempo total de la corrida fue 30 minutos. Se realizaron bioensayos de toxicidad donde se utilizaron neonatos del cladóceros *Moina* sp para determinar la concentración letal media (CL50) en muestras de agua de cada punto de estudio. El cultivo y los bioensayos se realizaron siguiendo los protocolos de Esclapés (1999). Para el cálculo de la CL50 (48h) y sus respectivos límites de confianza al 95 % se utilizó el método Probit, con ayuda del programa TOXSTAT versión 3.0, (USEPA, 1996). Los resultados de

la concentración letal (CL50) fueron transformados en unidades de toxicidad (UT) según lo establecido por la Environment Canadá (1999) para clasificar el grado de toxicidad de las muestras analizadas. Los valores obtenidos (medias de cada parámetro fisicoquímico) serán comparados con los recomendados por el decreto 883 de calidad de aguas (Decreto 883, 1995). Con el fin de evaluar diferencias estadísticas en la calidad fisicoquímica del agua, se hizo un análisis de varianza (ANOVA $P < 0,05$). Todos los análisis se realizaron con el programa Statistica 6.0.

Resultados y discusión

Se presentan los resultados de parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas analizadas en el laboratorio, así como los valores registrados *in situ* (tabla 1). Estos valores son comparados con los señalados por el decreto 883 de calidad de aguas de la República Bolivariana de Venezuela (1995).

De acuerdo con la evaluación de campo realizado, los niveles de conductividad registrados determinan una baja concentración de sales disueltas en los cuerpos de agua analizados. Los valores de conductividad se encuentran muy por debajo del valor establecido en la norma de calidad para la protección de aguas superficiales (estándar internacional - 750 uS/cm), el cual es un valor referencial debido a que la norma nacional no contempla valores límites para este parámetro.

En los ríos analizados, la concentración de oxígeno disuelto para la época registró valores entre 5,2 y 7,5 mg/L. Numerosos estudios han confirmado que un pH entre 6 y 9 es apropiado para mantener comunidades de peces. Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, combinado con compuestos tóxicos, pueden crear estrés en los ecosistemas acuáticos ya que su toxicidad puede incrementarse en estas condiciones. Según los resultados de los análisis

fisicoquímicos realizados, la calidad de los cuerpos de agua es buena ya que está dentro de los límites establecidos (no existen diferencias significativas $P < 0,05$). El análisis microbiológico muestra que estas aguas no cumplen los requisitos exigidos para coliformes termorresistentes para aguas de este tipo, solo el punto de muestreo 1 (Caño Chamita) cumple con el requisito. Estos valores reflejan una contaminación microbiana en todos los ríos evaluados, originada posiblemente por las aguas de escorrentía de los cultivos cercanos, las cuales están cargadas de contaminantes.

Los cladóceros se emplean para evaluar la toxicidad de compuestos en muestras de agua, estos organismos presentan un sistema nervioso, lo cual indica la presencia de la acetilcolina (ACh) (Atwood 1982). Este neurotransmisor normalmente es hidrolizado por la AChE, la cual es muy sensible a diferentes contaminantes, entre los que se pueden mencionar los metales pesados, detergentes e hidrocarburos policíclicos (Martínez-Tabche et al. 1997). Los ensayos de toxicidad preliminares indicaron solo la presencia de toxicidad en el punto n° 3 de muestreo (río Chama). En la tabla 2 se muestran los resultados del ensayo definitivo para el punto n° 3. Las concentraciones de las muestras para el ensayo fueron de: 0, 5, 12.5, 25, 50 y 100 %. En la muestra control (0 % de la muestra) no se presentó mortalidad de la *Moina* sp. lo cual indica la validez del ensayo, donde el porcentaje debe ser de ≤ 10 %. La concentración letal media (CL50) de esta muestra de agua es de 88,04 % (Análisis Probit).

Tabla 1. Valores fisicoquímicos y microbiológicos de los puntos de muestreo

Parámetro	Unidad de medida	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Límite aceptable
CE	$\mu\text{S/cm}$	422	659	198	-750
pH	U pH	7.4	8.1	7.8	6.5 - 8
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	31	30	27.8	--
OD	mg/L	5.2	8.2	7.5	>4
Alcalinidad total	mg/L	223	276	77	500
Dureza total	mg/L	160	245	65	500
Cloruros	mg/L	125	22.5	12.5	1000
Nitritos + nitratos	mg/L	< 0.5	< 0.5	< 0.5	10
STD	mg/L	450	650	200	3000
Coliformes totales	NMP/100mL	1.600	1.600	1.600	< 5000
Coliformes termorresistentes	NMP/100mL	540	1.600	1.600	<1000

Esta CL50 equivale a 1,13 unidades de toxicidad (UT) para lo cual se clasifica como un agua ligeramente tóxica. Estos resultados indican la presencia de compuestos tóxicos que están en el cuerpo de agua (punto n°3) ya que fueron detectados en el bioensayo con el cladóceros *Moina* sp.

Tabla 2. Resultados del ensayo definitivo para la toxicidad de *Moina* sp del agua del punto n° 3

[] %	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4	Total	% mortalidad
Control	0	0	0	0	0/20	0
100	2	3	3	3	11/20	55
50	2	0	2	1	5/20	25
25	0	0	1	0	1/20	5
12,5	0	1	0	0	0/20	0
5	0	0	0	0	0/20	0

Según los resultados obtenidos del análisis de plaguicidas organofosforados se detectó la presencia del insecticida metamidofos en la muestra de agua analizada (punto n° 3) a una concentración de 18,98 µg•L-1, mientras que el resto de los plaguicidas analizados no fueron detectados. La concentración de metamidofos (equivalente a 0.01898 ppm) es menor al límite máximo permisible (0,2 ppm) establecido para muestras de agua superficiales en la Gaceta Oficial.

El metamidofos afecta al sistema nervioso inhibiendo la acetilcolinesterasa, que es una enzima esencial para la transmisión normal de los impulsos nerviosos. Una exposición excesiva de los seres humanos puede causar una neuropatía retardada (IPCS, 1993). Asimismo, puede ocasionar efectos tóxicos en los organismos acuáticos, debido a su alta solubilidad en el agua (USEPA, 1998). A pesar de que la concentración del metamidofos se encuentra entre los límites permitidos en la muestra de agua, la sobrevivencia de *Moina* sp mostró una

disminución con respecto al control. Esto permite suponer el efecto de interacción o de sinergismo entre la toxicidad atribuible al metamidofos y a otros tóxicos del agua de río. Dicho efecto ha sido registrado por numerosos autores (Walsh *et al.*, 1980). Los resultados posiblemente se deban a la presencia de compuestos orgánicos (HPA's) que no fueron determinados en este trabajo.

La presencia de metamidofos presente en el agua analizada indica la utilización inadecuada de agroquímicos, esto ha sido reportados por otros autores en otras zonas del país donde se realizan explotaciones agrícolas (Farrera *et al.*, 2002, Sánchez *et al.*, 2005, Chirinos y Geraud-Pouey, 2011). Los bioensayos de toxicidad generalmente se realizan con tóxicos aislados.

Sin embargo, en la composición de los cuerpos de agua contaminados con compuestos agrícolas interviene más de una sustancia tóxica. En este sentido, cabe destacar la importancia de incrementar el desarrollo de bioensayos

sometiendo a los organismos de prueba a la acción de diversas fuentes de agua ya que pueden mostrar la situación real del ecosistema. Los resultados de los bioensayos en esta investigación revelaron la presencia de compuestos tóxicos, aunque las aguas se mantengan dentro de los límites fisicoquímicos. Por otra parte, no parecen existir mecanismos de control que permitan dar cumplimiento a la legislación vigente, como lo indican éste y otros trabajos publicados sobre la contaminación por plaguicidas en Venezuela (Izquierdo *et al.*, 2004, Torres y Capote 2004, Sánchez *et al.*, 2005, y Piñero González y col., 2007). La norma vigente (Decreto 883) en muchos casos no se pone en práctica; sin embargo, no es suficiente para determinar con mayor precisión el deterioro en la calidad del agua del río. En la medida en que este tipo de bioensayos sea aplicado será una alternativa para un mejor monitoreo de las descargas.

Conclusiones

Los valores fisicoquímicos de las aguas estudiadas están dentro los valores recomendados en la Gaceta oficial de calidad de agua. Este estudio mostró la alteración de la sobrevivencia de *Moina* sp. al aumentar la concentración del agua de río (CL50= 88.04%) lo cual la clasifica como ligeramente tóxica. La actividad agrícola del cultivo de plátano afecta la calidad de agua por la presencia de plaguicidas detectados (metamidofos) y la presencia de toxicidad sobre el cladóceros *Moina* sp. La importancia de incluir en la norma de aguas las pruebas de toxicidad para complementar la información fisicoquímica sería de gran relevancia, ya que se genera la información técnica suficiente para establecer

guías o valores límites permisibles para la gran variedad de descargas que son vertidas en el sistema acuático, así mismo, el detectar las descargas más contaminantes y poder plantear medidas de saneamiento y mejoramiento de las buenas prácticas agrícolas.

Referencias bibliográficas

- Atwood, H. (1982). Synapses and neurotransmitter. En D.E. Bliss (ed.) *The biology of crustacea, Neurobiology*, pp. 45-59. Nueva York: Academic.
- Brooks, K., Folliott, P., Gregersen, H., Thames, J. (1991). *Hidrología and the management of watersheds*. Estados Unidos: Iowa State University Press/Ames.
- Chirinos, D. y Geraud-Pouey, F. (2011). El manejo de plagas agrícolas en Venezuela, análisis y reflexiones sobre algunos casos. *Interciencia*, 36, 192-199.
- Environment Canada (1999). *Guidance Document on Application and Interpretation of Single species test in Environmental Toxicology. EPS 1/RM/24*. Canadá.
- Esclapés, M. (1999). Protocolos estándares para bioensayos de toxicidad con especies acuáticas y terrestres. Versión 2.0. PDVSA. INTEVEP.
- Farrera, R., Barroso J., Silva I., Armas C. y Serrano. G. (2002). Educación para el manejo y uso de plaguicidas en los municipios rurales: Jáuregui y Vargas, Táchira. *Geoenseñanza*, 7: 38-56.
- International Programme on Chemical Safety IPCS (1993). Health and Safety Guide No. 79: Methamidophos. Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas, IPCS/ Organización Mundial de la Salud, Ginebra.
- Izquierdo, P., Allara, M., Torres, G., García, A. y Piñero, M. (2004). Residuos de plaguicidas organoclorados en fórmulas infantiles. *Revista Científica, FCV/LUZ* 14, 147-152.
- Louchart, X., Voltz, M., Andrieux, P., Moussa, R. (2001). Herbicida transport to surface at field and watershed scales in a mediterranean vineyard area. *Journal Environmental of Quality*, 30: 982-991.
- Medina, D., Prieto A., Ettiene, G. y Buscema, I. (1999). Persistence of organophosphorus Pesticide Residues in Limon River Water. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 63: 39-44.
- Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. (1995). Gaceta Oficial extraordinaria: 5.021 del 18 de diciembre de 1995.
- Decreto Presidencial N° 883, 11 de octubre de 1995. Ongley, E., (1997). Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. Estudio FAO-Riego y Drenaje. 55.
- Piñero, M., Izquierdo P., Allara, M. y García, A. (2007). Residuos de plaguicidas organoclorados en 4 tipos de aceites vegetales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57: 397-401.
- Ramírez, M., German, F., Galar, C., Madrigal, M., Ulloa G. y Orozco, F. (1997). Toxic effect of sodium dodecylbenzenesulfonate, lead, petroleum, and their mixtures on the activity of acetylcholine esterase of *Moína macrocopa* in vitro. *Environmental Toxicology and Water Quality*, 12: 211-215.
- Sánchez, J., Ettiene G., Buscema, I. y Medina, D. (2005). Persistencia de los insecticidas organofosforados malathion y chlorpyrifos en guayaba. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 22: 62-71.
- Torres, D. y Capote, T. (2004). Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Ecosistemas* 13: 2-6.
- United States Environmental Protection Agency, USEPA. (1998). EFED Methamidophos: Revision of EFED risk assessment for the registration eligibility decision (RED). Document to include registrant's comments. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, Washington DC, Estados Unidos.
- Walsh, G., Bahner, H. y Horning, B. (1980) Toxicity of textile mill effluents to freshwater and estuarine algae, crustaceans and fishes. *Environmental Pollution (A)* 21: 169-179.