

Uso del “Pesticide Impact Rating Index” (PIRI) para estimar la peligrosidad del uso de plaguicidas en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)

Use of “Pesticide Impact Rating Index” (PIRI) for evaluating dangers of pesticide use in onion (*Allium cepa* L.) culture

Uso de “Pesticide Impact Rating Index” (PIRI) para estimar a periculosidade do uso de pesticidas no cultivo da cebola (*Allium cepa* L.)

Paula Aguilar Mora*

Juan Chin Pampillo**

Karla Ruíz Hidalgo***

Resumen

Se utilizó el programa “Pesticide Impact Rating Index” (PIRI) para estimar la peligrosidad del uso de 30 plaguicidas en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) para la calidad del agua de la quebrada Sanatorio, ubicada en la comunidad de Tierra Blanca, en el cantón de Cartago, Costa Rica. La información se obtuvo del Servicio Fitosanitario del Estado y de encuestas aplicadas a los productores de la zona de Tierra Blanca. Los resultados obtenidos con el PIRI se contrastaron con los niveles de residuos de plaguicidas en sedimentos y agua encontrados en la quebrada en el monitoreo realizado durante los meses de abril, junio, agosto y octubre del 2011. Aproximadamente el 50% de los plaguicidas autorizados se clasificaron como extremadamente tóxicos, y cerca del 40% se clasificaron como muy móviles. Por otro lado, de los plaguicidas no registrados, el 60% fue catalogado como extremadamente tóxicos, y el 40% como muy móviles. El agua de la quebrada es utilizada para riego de los cultivos de fincas aledañas al cauce, por lo que esta situación podría representar un problema sobre la salud pública.

Palabras clave: Plaguicidas. Calidad del Agua. Salud Pública.

Abstract

Using the program “Pesticide Impact Rating Index” (PIRI) to estimate the risk of the use of 30 insecticides in the cultivation of onion (*Allium cepa* L.) for water quality from quebrada Sanatorio, located in the community of Tierra Blanca, in the canton of Carthage, Costa Rica. Information was obtained from the Phytosanitary Service of the State (Servicio Fitosanitario del Estado) and from surveys applied to the producers of the area of Tierra. The results obtained with PIRI were confirmed at the levels of residues of insecticides in sediments and water found in the gorge in a monitoring realized during April, June, August and October, 2011. Approximately 50% of the authorized insecticides qualified as extremely poisonous, and close to 40% qualified as very mobile. On the other hand, from the non registered insecticides, 60% were catalogued as extremely poisonous, and 40% as very mobile. The water of the gorge is used for irrigation of the cultivation of bordering farms to the river bed, and for that reason this situation can generate problems on public health.

Keywords: Pesticides. Water Quality. Public Health.

DOI: 10.15343/0104-7809.20143801024030

* Bachiller en Ingeniería Agronómica. Centro de Investigación de Contaminación Ambientales (CICA) – Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. E-mail: sallymey@gmail.com

** Bachiller en Química. Centro de Investigación de Contaminación Ambientales (CICA) – Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. E-mail: juan.chin@ucr.ac.cr

*** Bachiller en Ingeniería en Biotecnología. Centro de Investigación de Contaminación Ambientales (CICA) – Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. E-mail: karla.ruiz@ucr.ac.cr

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Resumo

Usou-se o programa "Pesticide Impact Rating Index" (PIRI) para estimar o risco do uso de 30 inseticidas no cultivo da cebola (*Allium cepa* L.) para a qualidade da água de quebrada Sanatorio, localizado na comunidade de Terra Branca, no cantão de Cartago, Costa Rica. Obtiveram-se informações do Serviço Fitossanitário do Estado e de pesquisas feitas junto aos produtores da área de Terra Branca. Os resultados obtidos com o PIRI confirmaram os níveis de resíduos de inseticida em sedimento e água encontrada na quebrada em uma monitoração realizada durante abril, junho, agosto e outubro de 2011. Aproximadamente 50% dos inseticidas autorizados mostraram-se extremamente venenosos, e perto de 40% como muito móveis. Por outro lado, dos inseticidas não registrados, 60% catalogaram-se como extremamente venenosos, e 40%, como muito móveis. A água quebrada é usada para a irrigação do cultivo de fazendas próximas do leito do rio, situação que pode gerar problemas de saúde pública.

Palavras-chave: Praguicidas. Qualidade da Água. Saúde Pública.

INTRODUCCIÓN

Las actividades agrícolas en la zona de Tierra Blanca pueden tener una influencia negativa sobre la calidad del agua superficial¹. El uso de plaguicidas en estas actividades es común, incluyendo algunos que no están autorizados para el cultivo. Aunado a esto, existe la posibilidad de no utilizar las dosis adecuadas y sobredosificar, lo que genera un riesgo potencial de contaminación de los cuerpos de agua². El plaguicida es intrínsecamente tóxico, por lo que esta situación puede generar efectos adversos sobre la calidad de los cuerpos de agua circundantes a zonas agrícolas, la salud de las personas que puedan tener contacto con este, así como a los trabajadores que están operacionalmente expuestos.

Estos productos son ampliamente utilizados para el control de problemas fitosanitarios, ya sea plagas de insectos, malezas, hongos y otros organismos que cuando incrementan su población son considerados como organismos plaga³. Es posible que debido a su mal manejo las plagas desarrollen resistencia a ellos, lo que provoca que se utilicen más intensamente, y que las industrias generen nuevas moléculas o modificaciones de las existentes con mayor capacidad de eliminar las plagas, resultando en muchos casos más agresivos para el ambiente. La contaminación producida por el uso indiscriminado de estos compuestos, puede actuar negativamente sobre el ser humano y otros organismos, originando problemas de salud pública y el deterioro del ambiente⁴.

Un plaguicida aplicado puede tener diferentes destinos, como el follaje, el suelo, cuer-

pos de agua, la atmósfera o la biota. Cuando este llega al suelo, puede ser transportado por el agua en forma vertical (lixiviación) o lateralmente por la escorrentía superficial. En zonas con pendiente, la mayor cantidad de agua no se infiltra sino que se mueve lateralmente hacia los lugares más bajos, y ahí, por procesos de escorrentía puede llegar a aguas superficiales^{5,6}. El bajo grado de implementación de buenas prácticas agrícolas agravan el problema, pues se propicia la incorporación de estos xenobióticos a los cuerpos de agua, debido a la erosión de los suelos por falta de prácticas de conservación, la deriva por falta de barreras, y el desecho del sobrante de la aplicación.

El PIRI (Pesticide Impact Index Rating) es una herramienta sencilla para evaluar la peligrosidad del uso de plaguicidas en términos del potencial impacto sobre la calidad de aguas superficiales o subterráneas y la salud del ecosistema⁷. Este índice clasifica la movilidad y toxicidad de los plaguicidas en una escala cualitativa, como extremadamente alto, muy alto, alto, bajo y muy bajo⁸. Fue desarrollado en el Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) de Adelaide, Australia, y ha demostrado ser una herramienta sencilla para estimar el riesgo del uso de este tipo de sustancias sobre la calidad de aguas superficiales y subterráneas. Está basado en el modelo AF, y considera datos como textura, cobertura, materia orgánica, período del ciclo del cultivo, precipitación, temperatura, estimación de erosión, y datos fisicoquímicos y de comportamiento ambiental del plaguicida, entre otros. Esto permite que el análisis de la infor-

mación sea más objetivo y preciso, pues se trata con las características propias de cada lugar de estudio. Los resultados obtenidos permiten seleccionar para la aplicación los plaguicidas que representen un menor riesgo, o bien, establecer un monitoreo de los plaguicidas que presentan mayor riesgo para el cuerpo de agua.

El objetivo de este estudio fue estimar la peligrosidad en cuanto a la movilidad y la toxicidad de los plaguicidas utilizados en el cultivo de cebolla empleando el modelo PIRI y comparar esta información con los resultados de residuos de plaguicidas en agua y sedimento encontrados en la quebrada Sanatorio durante el 2011.

MÉTODO

Localización

La quebrada Sanatorio se ubica en Tierra Blanca, distrito número 8 del cantón de Cartago. La zona de estudio se encuentra entre las coordenadas geográficas 9°55'57.74" a 9°54'49.22" latitud norte y 83°53'02.51" a 83°53'20.26" longitud oeste, y con una elevación de 2346 a 2100 msnm aproximadamente. A lo largo de la quebrada Sanatorio es característico encontrar principalmente actividades agrícolas, siendo los principales cultivos la cebolla, papa y zanahoria.

Análisis de datos

La información de los plaguicidas registrados para el cultivo de cebolla se obtuvo de la base de datos del Servicio Fitosanitario del Estado (SFE), en el caso de los plaguicidas no registrados para este cultivo, la información se obtuvo de las encuestas realizadas a 68 productores de la zona de Tierra Blanca. Se clasificaron según su tipo, ingrediente activo, formulación y grupo toxicológico, y se seleccionaron los más utilizados. Se utilizaron valores representativos de las variables de pendiente (P) [5%, 25% y 50%], distancia entre el cultivo y el cuerpo de agua (C) y el ancho de la zona buffer (B) [0 m y 5 m], medidos en fincas aledañas a la quebrada.

Para alimentar al PIRI se utilizó 0 m para la distancia entre el cultivo y el cuerpo de agua

(C) y ancho de zona buffer (B) y se utilizaron las tres pendientes encontradas. Se realizaron gráficos con los datos de los plaguicidas registrados y con los plaguicidas utilizados por los agricultores. En el caso de ingresar plaguicidas que no estaban en la base del PIRI, se utilizó la información de las bases de datos PPDB⁹ y PAN Pesticide Database¹⁰.

Las datos obtenidos por el PIRI se contrastaron con los resultados de residuos de plaguicidas detectados en el 2011 en estudios realizados por Chin, et al¹, en la quebrada.

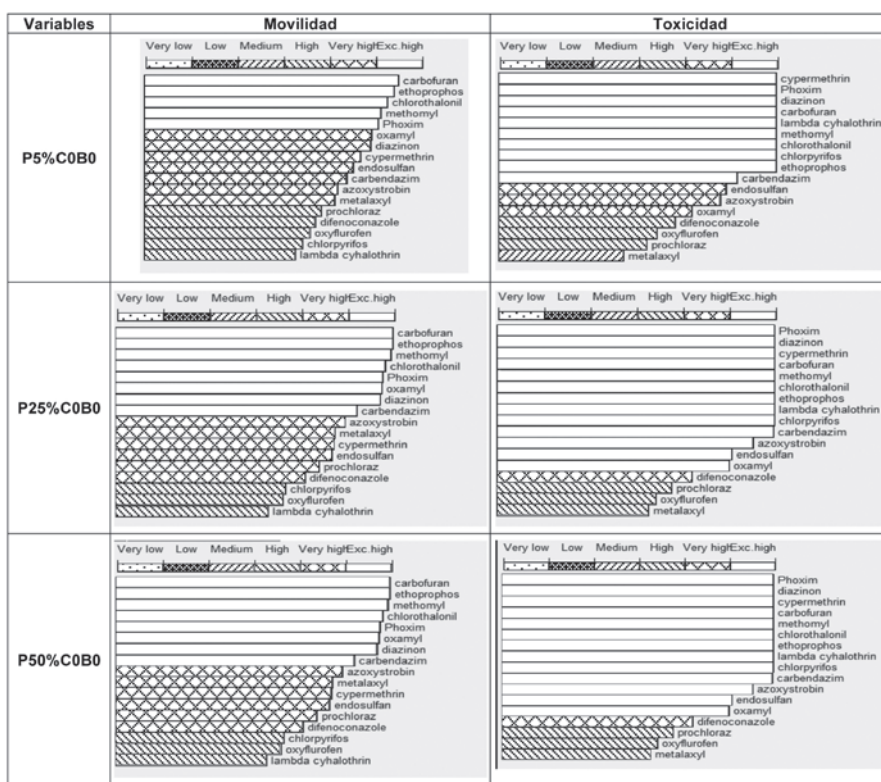
RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos por el modelo PIRI para los plaguicidas registrados y los plaguicidas no autorizados.

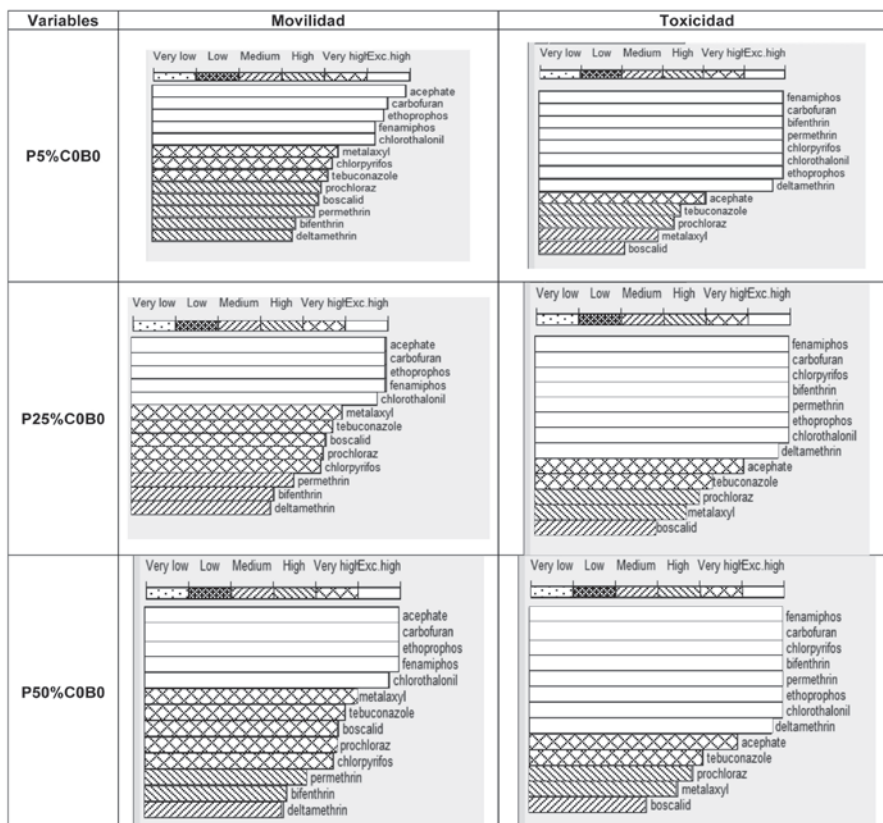
Según los estudios realizados en el 2011¹ en la quebrada Sanatorio se detectaron los siguientes residuos de plaguicidas (la mayoría en muestras de sedimento): diazinón, carbendazín, bifentrina, λ cihalotrina, cipermetrina, clorpirifos, endosulfán, etoprofos, fenamifos, clorotalonil, oxifluorfen y carbofurán. Para los tres escenarios planteados (Cuadro 1), entre un 50% a un 75% de los plaguicidas fueron clasificados por el modelo como extremadamente tóxicos. En cuanto a la movilidad entre el 30% y 50% se clasificaron como muy móviles. Los residuos de plaguicidas encontrados en la quebrada fueron clasificados según su movilidad y se obtuvieron los siguientes resultados: los plaguicidas registrados carbofurán, etoprofos y clorotalonil se clasificaron como extremadamente móviles, diazinón, carbendazín se clasificaron de extremadamente móvil a muy móvil, cipermetrina, endosulfán se clasificaron como muy móviles, el clorpirifos, oxifluorfen y λ cihalotrina se clasificaron como móviles.

En los tres escenarios (Cuadro 2) el 60% de los plaguicidas se clasificaron como extremadamente tóxicos, y en cuanto a movilidad el 40% se clasificaron como muy móviles. Los residuos plaguicidas carbofurán, etoprofos, fenamifos y clorotalonil se clasificaron como extremadamente móviles, el clorpirifos se clasificó como muy móvil y la bifentrina se clasificó como móvil.

Cuadro 1. Gráficos de movilidad y toxicidad de los plaguicidas registrados para el cultivo de cebolla, con pendiente de 5%, 25% y 50%, distancia entre el cultivo y el cuerpo de agua y ancho de zona buffer de 0 metros



Cuadro 2. Gráficos de movilidad y toxicidad de los plaguicidas no registrados para el cultivo de cebolla, con pendiente de 5%, 25% y 50%, distancia entre el cultivo y el cuerpo de agua y ancho de zona buffer de 0 metros



DISCUSIÓN

Tanto los plaguicidas registrados como los no registrados, se clasificaron en las tres categorías más altas en cuanto a la movilidad, esto podría indicar que la probabilidad de que estos plaguicidas lleguen a la quebrada es muy alta. Además para el caso de toxicidad más del 50% se clasificaron en la mayor categoría, por lo que el riesgo que puede existir de afectar la calidad del agua es muy importante. Según Benitez¹¹, "los plaguicidas se encuentran entre las sustancias químicas más peligrosas a las cuales se expone el ser humano y las intoxicaciones causadas por su uso inadecuado plantean graves problemas de salud pública". La contaminación del agua es una de las formas de exposición crónica a bajas dosis de estos compuestos a las cuales está sometido el ser humano, así como también los organismos del ecosistema.

En los cuadros 1 y 2 se puede observar que los resultados de movilidad se ven influenciados por la variable de pendiente, ya que si esta aumenta cambia la clasificación y tiende a que algunos de los plaguicidas que están en una categoría menor pasen a la siguiente categoría. En las fincas aledañas a la quebrada no se observaron prácticas de conservación de suelos, por lo que existe la probabilidad de que el arrastre de plaguicidas en sedimentos por erosión incremental, sumado a que la mayoría de los plaguicidas se catalogan como móviles. Esto aumenta la probabilidad de que exista el riesgo de contaminación del agua de la quebrada.

Se ha observado que el agua de la quebrada es transportada para ser utilizada como agua de riego para los cultivos en algunas de las fincas. Si el agua está contaminada con algún residuo de plaguicida y es utilizada puede presentarse la contaminación del producto que se vaya a cosechar. Esta condición puede llegar a ser un problema, ya que si se encuentran en la etapa de cosecha, el producto puede comercializarse y consumirse con una cantidad considerable de plaguicida sobrepasando el límite máximo de residuo permitido para ese compuesto, sin que el productor ni el consumidor estén conscientes de esta realidad. Este límite se puede definir como la máxima concentración de residuos de plaguicidas o sus productos de degradación, que se puede tolerar

sin esperar riesgos directos sobre la salud de los consumidores¹². Los límites máximos de residuos (LMR) se establecieron con el fin de determinar un máximo de residuos de plaguicidas en alimentos, agua corriente y para consumo humano, entre otros. Estas normativas las han desarrollado diferentes instituciones debido al riesgo que significa para la salud humana y ambiental^{4,11}.

Según Pierre e Betancourt¹³ el uso de mayores cantidades de plaguicidas que sobrepasan las cantidades recomendadas, es un problema que puede afectar negativamente el ambiente y la calidad alimenticia y toxicológica del producto cosechado, por ende se puede ver afectada la salud de los consumidores a largo plazo. Es importante destacar que todos los residuos de plaguicidas detectados en muestras de agua y sedimentos de la quebrada Sanatorio¹ tuvieron una clasificación de movilidad en el PIRI de extremadamente alta, muy alta y alta, lo que demuestra la calidad predictiva de la herramienta.

Los residuos detectados que se clasificaron como "extremadamente móviles" son el fungicida clorotalonil (111 µg/kg a 1443 µg/kg), el nematocida fenamifos (~424 µg/kg), y el nematocida-insecticida etoprofos (~22 µg/kg); el insecticida diazinón (3,8 µg/L a 4,8 µg/L) y el insecticida y nematocida carbofurán (0,11 µg/L a 0,20 µg/L).

Se clasificaron por el PIRI como plaguicidas con una "muy alta movilidad" y a su vez se detectaron en muestras de agua y sedimentos el fungicida carbendazim (0,041 µg/L a 0,135 µg/L), el insecticida cipermetrina (3,420 µg/kg a 1,613 µg/kg), el insecticida y acaricida endosulfán (3,21 – 4,95 µg/kg) y con "movilidad alta" y detectados en quebrada sanatorio los insecticidas bifentrina (0,57 µg/kg a 3,13 µg/kg), λ cihalotrina (0,40 µg/kg a 1,80 µg/kg), clorpirifós (17µg/kg a 1150 µg/kg) y el herbicida oxifluorfen (22 µg/kg a 133 µg/kg).

En cuanto a los niveles de toxicidad en medio acuático todos los plaguicidas detectados entran en la categoría de "toxicidad extremadamente alta", con excepción de endosulfán con "toxicidad muy alta" y oxifluorfen "alta". La existencia de plaguicidas en sedimentos y agua representa un riesgo para el ecosistema, a nivel mundial es una problemática el inadecuado uso de insecticidas pues una proporción de estos se acumula y/o

dispersa en los cuerpos de agua aledaños a las zonas agrícolas, causando toxicidad en a los macroinvertebrados acuáticos y alterando el ecosistema¹⁴. Evidencia de este deterioro fue determinado a través de la investigación de Chin, et al¹ en la quebrada Sanatorio donde se ejecutaron biomonitoreos durante el año 2011 que demostraron que la calidad de agua era de "mala muy contaminada" a "muy mala, extremadamente contaminada" por la baja diversidad de organismos colectados, donde este deterioro ecológico puede estar ligado a la cantidad de residuos insecticidas detectados¹.

La pendiente de las zonas agrícolas cercanas a quebrada Sanatorio y la falta de zonas buffer son características que potencian los procesos de movilidad y por ende la toxicidad los agroquímicos utilizados en la zona, los procesos de escorrentía se ven acentuados por las pendientes, lo que aumenta la probabilidad de arrastre de los agroquímicos adsorbidos o absorbidos por las partículas de suelo^{15,16}. Tanto la implementación de prácticas agrícolas que minimicen la pérdida de suelo como el establecimiento de zonas buffer son aspectos prioritarios que deben mejorarse en los procesos de cultivo y se ve evidenciado con los resultados del PIRI y la detección de residuos de plaguicidas en agua y sedimentos.

El modelo se puede utilizar como una herramienta certera para determinar cuales plaguicidas pueden llegar a los cuerpos de agua en la

zona cercana a la quebrada Sanatorio en Cartago y de esta forma recomendar el uso de otras agroquímicos que presenten menores niveles de movilidad y toxicidad para minimizar los impactos ambientales.

CONCLUSIÓN

Existe coherencia entre la estimación de la peligrosidad hecha por el PIRI y los residuos de plaguicidas encontrados en la quebrada Sanatorio.

Los residuos de plaguicidas en aguas pueden tener implicaciones sobre la salud pública, ya que estas aguas son utilizadas para el sistema de riego de los cultivos, lo que aumenta la probabilidad de que los productos que seran para consumo fresco contengan residuos de los agroquímicos adicionados a través del agua de riego, de igual forma los residuos de plaguicidas detectados en agua y sedimentos representan un riesgo para el ecosistema, especialmente porque la mayor parte son insecticidas que pueden afectar las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, que son parte importante de la cadena trófica.

El PIRI es una herramienta sencilla de utilizar, con este modelo se puede obtener un panorama general de lo que puede suceder con los plaguicidas que se utilizan en cada finca agrícola cercanas a cuerpos de agua, ya que se utilizan los datos propios de la finca (textura, pendiente, cultivo, etc.).

REFERENCIAS

1. Chin PJS, Ruiz HK, Aguilar MP, Arias MV, Masis MM. Caracterización de la calidad del agua de la Quebrada Sanatorio en Tierra Blanca ubicada en una zona agrícola de la provincia de Cartago y sus implicaciones para la salud pública. *Mundo Saúde*. 2012;36(4):548-55.
2. Barbieri E. Effect of 2,4-D herbicide (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) on oxygen consumption and ammonium excretion of juveniles of *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) (Osteichthyes, Cichlidae). *Ecotoxicology*. 2009;18(1):55-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10646-008-0256-3>
3. Barbieri E, Ferreira LAA. Effects of the organophosphate pesticide Folidol 600® on the freshwater fish, Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Pestic Biochem Physiol*. 2011;99(3):209-14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2010.09.002>
4. Molina YMF. Niveles de plaguicidas en aguas superficiales de una región agrícola del estado Mérida, Venezuela, entre 2008 y 2010. *Rev Int Contam Ambie*. 2012;28(4):289-301.
5. Barbieri E, Moreira P, Luchini LA, Hidalgo KR, Munoz A. Assessment of acute toxicity of carbofurán in *Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836) at different temperature levels. *Toxicol Ind Health*. 2013;29:1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0748233713484655>
6. Stroorvogel J, Jaramillo R, Merino R, Sarian K. Plaguicidas en el medio ambiente. In: Yanggen D, Crissman C, Espinosa P, editors. *Los plaguicidas: impactos en producción, salud medio ambiente en Carchi*. Quito (EC): Abya-Yala; 2003. p. 123.
7. Oliver D, Kookana R. Pesticide use in the 6th Creek sub-catchment, Mt. Lofty Ranges, S.A. and assessment of risk of off-site movement using Pesticide Impact Rating Index (PIRI). Adelaide: CSIRO Land and Water Technical Report; 2005 [cited 2013 May 9]. Available from: <http://www.clw.csiro.au/publications/technical2005/tr11-05.pdf>

8. Franchi S, Campelo E, Enrich N, Mandl B. Aplicación del software P.I.R.I. (Pesticide Impact Ranking Index) para la evaluación del eventual impacto de la actividad agrícola sobre la calidad del agua en una micro cuenca afluyente del Arroyo Santa Rosa en Bella Unión. Adelaide: CSIRO Land and Water Technical Report; 2005 [acceso 2013 May 9]. Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/Proyectos/Documentos/FIN/OIEA_RLA5_050_%20act2007.pdf
9. University of Hertfordshire. Pesticide Properties DataBase PPDB. Hatfield (UK): University of Hertfordshire; 2005 [cited 2013 May 9]. Available from: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/index.htm>
10. Kegley S, Hill B, Orme S, Choi A. PAN Pesticide Database. San Francisco (CA): Pesticide Action Network; 2008 [cited 2013 Ago 1]. Available from: <http://www.pesticideinfo.org/>
11. Benítez-Díaz PLM, Miranda-Contreras L. Contaminación de aguas superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros países de Latinoamérica. Rev Int Contam Ambie. 2013;(29):7-23.
12. García-González JE. Límites máximos de residuos de plaguicidas en productos alimenticios de origen vegetal: situación en Costa Rica. Agronomía Costarricense. 1992;16(1):153-62.
13. Pierre F, Betancourt P. Residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en el cultivo de cebolla en la depresión de Quíbor, Venezuela. Bioagro. 2007;19(2):69-78.
14. Devine GJ, Eza D, Ogusuku E, Furlong MJ. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2008;25(1):74-100.
15. Arrazcaeta L. Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. Fitosanidad. 2002;6(3):55-62.
16. Damato M, Barbieri E. Estudo da toxicidade aguda e alterações metabólicas provocadas pela exposição do Cádmio sobre o peixe *Hyphessobrycon callistus* utilizado como indicador de saúde ambiental. Mundo Saúde. 2012;36(4):574-81.