

**Revista Internacional de  
Contaminación Ambiental**

Revista Internacional de Contaminación  
Ambiental  
ISSN: 0188-4999  
rvp@atmosfera.unam.mx  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México

BENÍTEZ-DÍAZ, Pedro; MIRANDA-CONTRERAS, Leticia  
CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES POR RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN  
VENEZUELA Y OTROS PAÍSES DE LATINOAMÉRICA  
Revista Internacional de Contaminación Ambiental, vol. 29, septiembre, 2013, pp. 7-23  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37028958001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

## CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES POR RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN VENEZUELA Y OTROS PAÍSES DE LATINOAMÉRICA

Pedro BENÍTEZ-DÍAZ<sup>1</sup> y Leticia MIRANDA-CONTRERAS<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Botánica y Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

<sup>2</sup> Centro de Microscopía Electrónica “Dr. Ernesto Palacios Prü”, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

\*Autor responsable: lmiranda@ula.ve

(Recibido junio 2013, aceptado julio 2013)

Palabras clave: plaguicidas, aguas superficiales, Latinoamérica, Venezuela

### RESUMEN

Desde finales de los años 40 se introdujo en Latinoamérica la “revolución verde”, un modelo de explotación agrícola industrializado basado en la aplicación de agroquímicos sintéticos; de esta manera se creó una situación de dependencia de estos productos, siendo los plaguicidas los más relevantes entre ellos. La utilización inadecuada y excesiva de plaguicidas en la agricultura ha traído como consecuencia la contaminación de los cuerpos de aguas superficiales. Se ha reportado la presencia de residuos de plaguicidas organofosforados, carbamatos, triazinas y piretroides, entre otros, en aguas superficiales cercanas a zonas de producción agrícola en Venezuela, Colombia, Ecuador y México. En la mayoría de los casos, las concentraciones encontradas sobrepasan los límites establecidos por las normativas nacionales e internacionales establecidas por instituciones como US-EPA, UE y OMS. Se ha reportado también la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados e indicios de aplicación reciente de principios activos como DDT, eldrín, aldrín y dieldrín, considerados contaminantes orgánicos persistentes y prohibidos desde hace más de 20 años. A través de los cursos de agua, estos contaminantes tóxicos son transportados lejos de los lugares donde se aplican, contaminando otros ecosistemas y fuentes de agua lo cual podría estar ocasionando problemas de salud pública.

Key words: pesticides, surface waters, Latin America, Venezuela

### ABSTRACT

In the late 40s, the “green revolution” was introduced in Latin America, which was an industrial farming model based on the application of synthetic chemicals; thereafter, it created a situation of dependence on these products, with the pesticides being the most relevant among them. The inappropriate and excessive use of pesticides in agriculture has led to pollution of surface water bodies. The presence of pesticide residues, such as organophosphates, carbamates, triazines and pyrethroids, among others, has been reported in surface waters close to areas of agricultural production in Venezuela, Colombia, Ecuador and Mexico. In most cases, the detected concentrations exceeded the standard limits established by national and international organizations, such as US-EPA,

EU and WHO. The presence of organochlorine pesticide residues has also been reported in surface waters, as well as signs of recent application of active ingredients such as DDT, eldrin, aldrin and dieldrin, considered as persistent organic pollutants that have been banned for more than 20 years. Through watercourses, these toxic pollutants are transported away from the places where they are applied, contaminating ecosystems and other water sources, what could cause public health problems.

## INTRODUCCIÓN

La “revolución verde”, cuya introducción en Latinoamérica se remonta al año 1945 en la granja experimental “El Yaqui” de Sonora, México, con el auspicio de la Fundación Rockefeller, marcó el punto de partida para la implementación de un modelo agrícola industrial basado en el empleo intensivo y extensivo de productos químicos sintéticos (Standler *et al.* 2010, Heinisch 2013). El impacto de este modelo sobre la producción mundial de alimentos es innegable, en cuanto a que produjo un gran incremento de los rendimientos agrícolas y estableció el paradigma de que se constituiría en una herramienta para reducir el hambre y la pobreza en el mundo. Con diez mil años de historia y siendo la actividad humana más extendida en el mundo, la agricultura siempre tuvo repercusión sobre el ambiente, pero a partir de la “revolución verde”, los efectos negativos ambientales y sobre la salud humana se amplificaron por la utilización inadecuada y excesiva de agroquímicos sintéticos (Ceccon 2008, Pérez Vázquez y Landeros Sánchez 2009). A pesar de que en siete décadas de “revolución verde” se ha reunido suficiente evidencia sobre los riesgos que conlleva una práctica agrícola basada en el empleo de productos químicos sintéticos, la agricultura mundial se ha hecho cada vez más dependiente de ellos, pero no con la finalidad de derrotar el hambre y la pobreza sino con el afán de incrementar su productividad y rentabilidad. Actualmente, los peligros que acarrea el uso inadecuado de agroquímicos sintéticos comprometen la sostenibilidad de la agricultura moderna; en este contexto, los países en desarrollo son los más afectados debido a que el incremento de la producción agrícola va acompañado de un acelerado deterioro de los recursos naturales y de la salud pública (Pérez Vázquez y Landeros Sánchez 2009, Heinisch 2013, Herrera Tapia 2013). Los países en desarrollo utilizan el 25 % de los plaguicidas que se producen en el mundo y padecen el 99 % de las muertes a causa de intoxicaciones agudas por plaguicidas (OPS 2009).

Los productos químicos en general y los agroquímicos en particular, han tomado tal relevancia en

el mundo actual que el Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional (SAICM, por sus siglas en inglés) ha declarado que: “La gestión racional de los productos químicos es esencial para que alcancemos el desarrollo sostenible, que abarca la erradicación de la pobreza y las enfermedades, la mejora de la salud humana y del ambiente y el aumento y mantenimiento del nivel de vida de los países, cualquiera que sea su grado de desarrollo” (SAICM 2007). Según el Foro Inter gubernamental Sobre Seguridad Química (IFCS, por sus siglas en inglés), las políticas de gestión de los agentes químicos deben apuntar a un equilibrio entre la producción y el consumo, de tal forma que se promueva el desarrollo social y económico al mismo tiempo que se reducen y evitan sus efectos nocivos (IFCS 2006).

Entre los compuestos químicos de mayor relevancia para la producción agrícola se destacan los plaguicidas; estos agroquímicos reducen los daños y las pérdidas ocasionados por la acción de malezas, insectos y enfermedades infecciosas sobre los cultivos, garantizando desde este punto de vista la calidad de la cosecha, razón por la cual la producción agrícola mundial depende considerablemente de su utilización (Ramírez y Lacasaña 2001). Pero la realidad es que las plagas desarrollan resistencia, obligando a los agricultores a incrementar las concentraciones y frecuencias de aplicación de los plaguicidas, a elaborar mezclas de principios activos y demandar la disponibilidad en el mercado de nuevos y más potentes biocidas sintéticos. La consecuencia de esta situación es el uso indiscriminado de plaguicidas, que a su vez ocasiona la contaminación del ambiente y actúa negativamente sobre el ser humano y otros organismos del ecosistema, originando problemas de salud pública y deterioro ambiental (Plenge-Tellechea y Sierra-Fonseca 2007).

Se ha comprobado que la mayoría de los plaguicidas empleados en la agricultura moderna tienen acción teratogénica y afectan los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico, considerándose generadores potenciales de enfermedades como cáncer, asma e infertilidad, entre otras (Karam *et al.* 2004).

Adicionalmente, algunos plaguicidas pueden ser clasificados como contaminantes orgánicos persistentes (COP). Este tipo de compuestos permanecen por largos períodos de tiempo en el ambiente y viajan grandes distancias siendo transportados a través del agua y del aire, llegando a regiones donde nunca se aplicaron, además se acumulan en los tejidos grasos y entran en la cadena trófica (IFCS 2006, UNEP 2007, OPS 2009). Por todas estas razones, los plaguicidas se encuentran entre las sustancias químicas más peligrosas a las cuales está expuesto el ser humano en la actualidad y las intoxicaciones causadas por su uso inadecuado plantean graves problemas de salud pública (Damalas y Eleftherohorinos 2011). Además de los casos agudos producidos por contacto directo con los principios activos en altas concentraciones, asociados a la exposición laboral, accidental o al contacto con desechos, encontramos también los casos de exposición crónica a bajos niveles de plaguicidas asociados a la contaminación del agua, aire, suelo y productos agrícolas de consumo humano, frescos o procesados (IFCS 2006, Murcia y Stashenko 2008, Quintero *et al.* 2008, Medina *et al.* 2010, Uzcátegui *et al.* 2011, Molina-Morales *et al.* 2012).

Todos los reportes oficiales coinciden en que es muy difícil hacer un estimado real del impacto de los plaguicidas sobre la salud humana. En el caso de las intoxicaciones agudas hay problemas con el diagnóstico, acceso a los servicios de salud y deficiencias en los sistemas de reporte y recolección de información (IFCS 2006, OPS 2009). Para 1990, la Organización Mundial de la Salud (OMS ó WHO, por sus siglas en inglés) estimaba que se producían entre 1 y 5 millones de casos de intoxicación aguda por plaguicidas al año en trabajadores rurales, de los cuales resultaban 20 000 casos fatales (OPS 2009, Pérez Vázquez y Landeros Sánchez 2009). En publicaciones más recientes, se señala que para 2002 la cifra llega a 4.4 millones de casos incluyendo las intoxicaciones fatales y las que producen incapacidad por lo menos por un año, pero no se señala el número total de casos (Prüss-Üstün y Corvalán 2006, WHO 2013). Aún más difícil es determinar los problemas de salud asociados a la exposición crónica a bajos niveles de plaguicidas; en estos casos hay un período de latencia entre la exposición y la aparición de los síntomas, y en muchos de ellos, es casi imposible establecer una relación certera entre la causa y el efecto (IFCS 2006, WHO 2013).

Como ha sido señalado por la UNPE, OMS y OPS, el problema de la contaminación de los recursos hídricos requiere de particular atención en los países en desarrollo, en los cuales los sistemas de

monitoreo y control así como la normativa legal que regula la utilización de agroquímicos y su presencia en el ambiente no están claramente establecidos; además, en muchos casos no se cuenta con los recursos suficientes para mantener los controles pertinentes. Por otra parte, la actividad agrícola en los países en desarrollo no escapa a la tendencia internacional de ponderar los rendimientos y el retorno económico por encima de los criterios de mantenimiento de los estándares de salud pública y conservación del ambiente.

## PLAGUICIDAS EN EL AGUA

Pocos contaminantes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de que se produzca una contaminación masiva accidental debido a un eventual derrame o mala disposición de desechos tóxicos (OPS 2009, WHO 2011). Como hemos mencionado en párrafos anteriores, la contaminación del agua es una de las formas de exposición crónica a bajas dosis de plaguicidas a las cuales está sometido el ser humano, así como la fauna acuática y terrestre; adicionalmente, es una de las vías a través de las cuales se transportan los plaguicidas COP aguas abajo de los lugares donde fueron aplicados (Molina-Morales *et al.* 2012).

Los plaguicidas utilizados en la agricultura llegan a los cursos de aguas subterráneas y superficiales (ríos y lagos) fundamentalmente por arrastre y lixiviación, pudiendo contaminar los reservorios de agua para consumo humano que son alimentados por estos recursos hídricos. La dinámica de los plaguicidas en el suelo es muy compleja y depende de una serie de factores que influyen en los procesos antes mencionados (Dierksmeier *et al.* 2002, Pérez Espejo 2012), las sustancias rociadas sobre los cultivos pueden ser lavadas por el agua de lluvia y riego, para luego ser transportadas hacia aguas subterráneas por lixiviación y a aguas superficiales por escorrentía, fenómeno que además está influenciado por la pendiente del terreno; es decir, el volumen de agua que cae al suelo y la topografía de la zona donde se desarrollan los cultivos son dos de los factores que juegan un papel importante en el riesgo de contaminación de los recursos hídricos por plaguicidas (Duffner *et al.* 2012, Leistra y Boesten 2012). Los procesos de transporte también son afectados por las propiedades de sorción del suelo, las cuales están determinadas principalmente por el contenido de materia orgánica, óxido de hierro y arcilla, la capacidad de intercambio

iónico y el pH (Duffner *et al.* 2012). No menos importantes son las características fisicoquímicas de los plaguicidas; en general las sustancias más solubles en agua y más persistentes, es decir, las que tienen mayor tiempo de vida media, son las más fácilmente transportables y representan el mayor riesgo de contaminación (Hernández-Antonio y Hansen 2011).

Debido al riesgo que significa para la salud humana y el ambiente la contaminación de los recursos hídricos por residuos de plaguicidas de uso agrícola, muchos países y agencias multinacionales han desarrollado una serie de normas y procedimientos con la finalidad de preservarlos. La Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) establece un conjunto de directrices, que tienen como propósito controlar aquellos plaguicidas con gran potencial contaminante de las aguas y que representan un riesgo para la salud humana y el ambiente. En este sentido, la US-EPA estableció lo que se conoce como nivel máximo de contaminante (MCL, por sus siglas en inglés), que es la concentración de un contaminante en agua potable por debajo de la cual no hay riesgo conocido o esperado para la salud humana (EPA 2012). Para las sustancias químicas vertidas en aguas dulces y marinas, la US-EPA ha establecido criterios de concentración crónica (CCC), que es un estimado de la concentración más alta de un contaminante a la cual la vida acuática puede estar expuesta indefinidamente sin que resulte en un efecto inaceptable (EPA 2013).

Otras instituciones como la OMS y la Unión Europea (UE), basándose en el criterio primordial de preservar la salud humana, han establecidos límites máximos y restricciones para las diferentes sustancias que contaminan el agua para consumo humano (EEA - WHO 2002, WHO 2011). En el caso de los países de la UE, la Directiva de Agua Potable establece como límite máximo para plaguicida individual 0.1 µg/L y para el total de plaguicidas 0.5 µg/L, independientemente de la naturaleza de los mismos, haciendo una restricción aún mayor para aldrín, dieldrín, heptacloro y heptacloro epóxido de 0.03 µg/L (Consejo de la Unión Europea 1998). Para proteger las aguas superficiales, la UE estableció estándares de calidad ambiental (EQS, por sus siglas en inglés), fijando límites expresados como promedio anual (AA-EQS, por sus siglas en inglés) y concentraciones máximas aceptables (MAC-EQS, siglas en inglés) para 33 sustancias de interés prioritario (European Parliament and Council 2008). La aplicación de los AA-EQS se refiere a que, por cada punto representativo de monitoreo dentro de un cuerpo de agua, la media aritmética de las medi-

das de concentración a diferentes tiempos durante un año no debe exceder el valor especificado. La aplicación de los MAC-EQS se refiere a que en un momento dado, la medida de concentración en cualquier punto representativo de monitoreo dentro de un cuerpo de agua no debe exceder el valor especificado.

La OMS ha establecido los Lineamientos para la Calidad del Agua Potable, los cuales son un soporte o guía para el desarrollo e implementación de estrategia de control de riesgos con la finalidad de garantizar la seguridad del suministro de agua potable, a través del control de las sustancias peligrosas que se puedan encontrar en ella (WHO 2011). Derivados de estos lineamientos, la OMS establece los valores guía (GV, por sus siglas en inglés), que representan la concentración de una sustancia que no excede el riesgo tolerable para la salud del consumidor durante toda la vida de consumo, indicando que los GV, además de proteger a la población en general, también protegen a las subpoblaciones susceptibles como niños, ancianos y enfermos.

Con respecto a la legislación venezolana, en el Decreto 883 se establecen las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos (Presidencia de la República de Venezuela 1995). En estas normas, se fija el límite máximo para plaguicidas en aguas que serán destinadas al consumo humano, actividades agropecuarias y al contacto humano total o parcial. Estos límites son de 0.2 mg/L (200 µg/L) para el total de los plaguicidas organoclorados (OC) y 0.1 mg/L (100 µg/L) para el total de organofosforados (OF) y carbamatos (CB); vale la pena destacar que estos límites de concentración son mayores que los establecidos por las agencias multinacionales antes mencionadas. Adicionalmente, en las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable publicadas en 1998, se establecen límites máximos para algunos plaguicidas OC específicos como aldrín y dieldrín (0.03 µg/L), clordano (0.2 µg/L), DDT (2.0 µg/L), 2,4-D (30 µg/L), heptacloro (0.03 µg/L), heptacloro epóxido (1.0 µg/L) y lindano (2.0 µg/L), entre otros (Ministerio de Sanidad y Asistencia Social 1998). Otro instrumento jurídico que incluye las regulaciones sobre plaguicidas es la Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos, que indica en su artículo 59, que la preparación de mezclas de plaguicidas, el lavado de los equipos para su preparación y aplicación no podrán realizarse en los cuerpos de agua, ni en sus proximidades; y el artículo 60, que los desechos de plaguicidas, sus envases y lo resultante del lavado de envases y equipos serán considerados sustancias peligrosas y

su disposición final debe realizarse según lo indica la Ley y reglamentos vigentes (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela 2001).

Es importante destacar que en la recientemente publicada Ley de Salud Agrícola Integral (Presidencia de la República 2008), se establecen los procedimientos para el control e inspección de las actividades que involucran fabricación, comercialización, almacenamiento, transporte y aplicación de plaguicidas, pero no se actualiza la normativa sobre el control de los residuos de estos productos químicos en el ambiente, ni las restricciones que deben ser tomadas en cuenta para evitar los problemas de salud pública ocasionados por la utilización inadecuada de los mismos.

### CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES POR RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN VENEZUELA

En un documento publicado por la Red de Organizaciones Ambientalistas No Gubernamentales de Venezuela (Red ARA 2011), se indica que una de las principales causas del problema de la contaminación del agua en el país ha sido la insuficiencia de los gobiernos para controlar y mitigar la incorporación de desechos provenientes de la actividad agrícola a los recursos hídricos. A pesar de que existe una legislación al respecto, citada en la sección anterior, y que Venezuela ha suscrito convenios y acuerdos internacionales para el control de la contaminación por sustancias peligrosas, entre los que se encuentran los Convenios de Basilea, Rotterdam, Estocolmo y SAICM (Red ARA 2011), el problema persiste debido a que, además de la falta de control, prevalece una práctica agrícola basada en la utilización excesiva y redundante de agroquímicos.

En los últimos 15 años se han publicado varios trabajos de investigación que apoyan la tesis del empleo inadecuado de plaguicidas en la agricultura venezolana. Chirinos y Geraud-Pouey (2011) realizaron un estudio entre 2004 y 2010 en el que fueron entrevistados 148 agricultores de 15 estados de alta productividad agrícola en Venezuela. Estos investigadores reportan que, en todos los casos, se incurre en excesivas aplicaciones de insecticidas sintéticos, encontrando que más del 70 % de los agricultores mezclan dos o más principios activos en una sola aspersión; adicionalmente, señalan que hay una disposición inadecuada de los desechos tóxicos y que las preparaciones de las mezclas de aspersión se realizan muchas veces a orillas de cuerpos naturales de agua. Otros trabajos realizados en los municipios Miranda y Pueblo Llano (Mérida-Venezuela, **Fig. 1**), dos zonas

donde se realiza una explotación hortícola intensiva, coinciden en reportar los mismos problemas descritos por Chirinos y Geraud-Pouey (2011), pero en este caso la investigación incluyó insecticidas, herbicidas, fungicidas y nematicidas de diversos grupos químicos, indicando que el 25 % de los agricultores acusa pérdidas por mala praxis en el control químico de plagas (Zyaklin y Ripanti 2008, Uzcátegui *et al.* 2011). Problemas similares han sido reportados en los municipios Jáuregui y Vargas del estado Táchira, y en la depresión de Quíbor en el estado Lara (Farrera *et al.* 2002, Pierre y Betancourt 2007). La situación antes descrita se presenta como consecuencia de dos factores fundamentales. En primer lugar, la necesidad de los productores de garantizar el éxito de sus cultivos en el contexto de una práctica agrícola basada en el paradigma de la “revolución verde”. En segundo lugar, el 50 % de los productores recibe asesoramiento en el manejo de plagas agrícolas directamente a través de las casas comercializadoras de plaguicidas; en el caso de los pequeños y medianos productores, la carencia de asesoramiento es aún mayor y otros no reciben ningún tipo de apoyo técnico (Zyaklin y Ripanti 2008, Chirinos y Geraud-Pouey 2011). Muestra de este problema es que los plaguicidas llegan a representar hasta el 50 % de los costos directos de producción, los cuales además se negocian en condiciones económicamente desfavorables para los pequeños y medianos productores (Contreras *et al.* 2005, Chirinos y Geraud-Pouey 2011). Esta situación se refleja directamente en la calidad de los cuerpos de aguas superficiales y del agua para consumo humano en las zonas de producción agrícola.

En el Centro de Microscopía Electrónica “Dr. Ernesto Palacios Prú” de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, se han venido realizando una serie de estudios sobre los problemas de contaminación de las aguas superficiales y de consumo humano en una de las zonas de intensa actividad agrícola del estado Mérida, que se ubica en los alrededores de la población de Bailadores, municipio Rivas Dávila (**Fig. 1**). En esta región se encuentra la cuenca alta del río Mocotíes que comprende un área de 189 km<sup>2</sup>. Según cifras oficiales, para 2010 la producción agroalimentaria del municipio Rivas Dávila fue de 55 464 t, correspondiente al 7 % de la producción del estado, y la producción de flores ornamentales fue 408 000 paquetes (para las rosas cada paquete contiene 24 unidades, para otras flores contiene 15 unidades), correspondiente al 9 % de la producción del estado (Corporación de Los Andes 2010a, b). Para el año 2002, el consumo de plaguicidas en el municipio se estimó en 36.5 t y

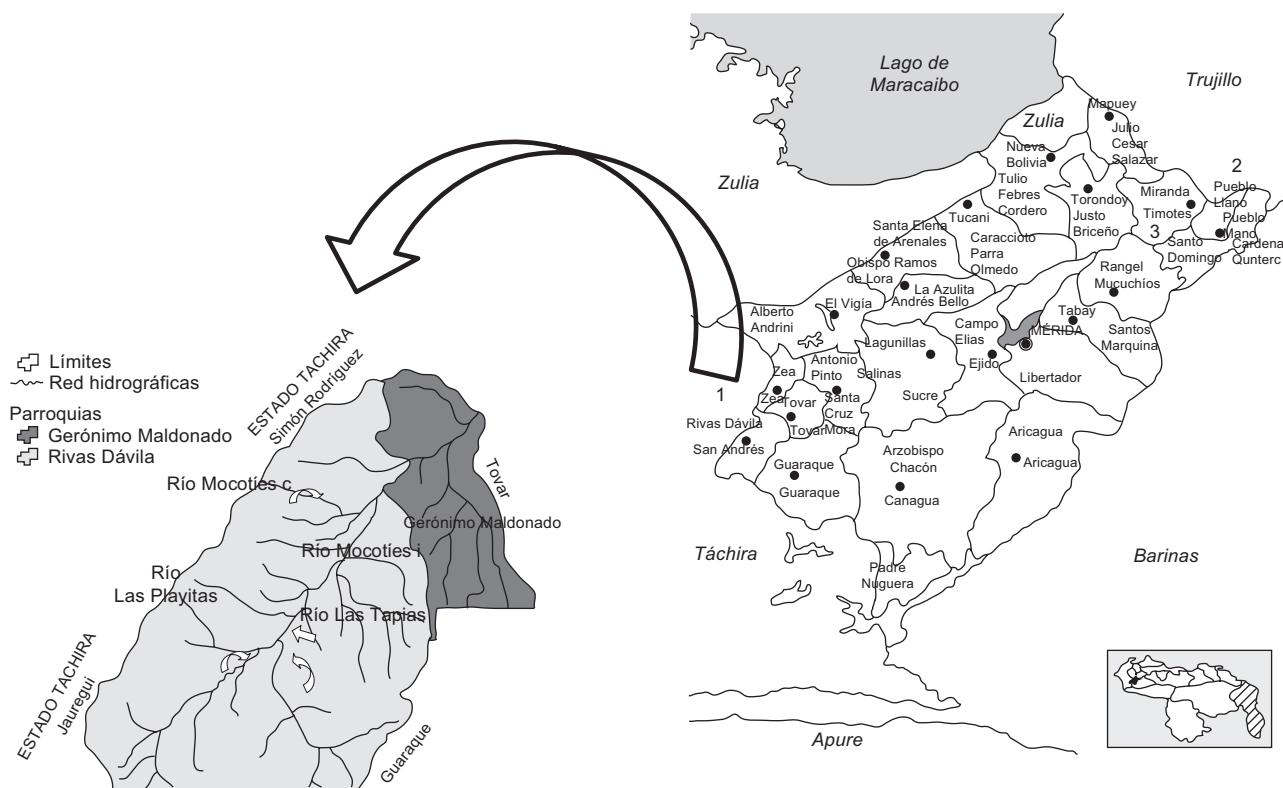


Fig. 1. Cuencas hidrográficas de Venezuela. Derecha: mapa político territorial del estado Mérida: 1) municipio Rivas Dávila, 2) municipio Pueblo Llano y 3) municipio Miranda, se puede apreciar también la zona sur del Lago de Maracaibo. Izquierda: detalle de la cuenca del río Mocoties en el municipio Rivas Dávila: Mocoties i (confluencia de los ríos Las Playitas y Las Tapias) y Mocoties c (a nivel de la población de la Capellania)

según información extraoficial suministrada por el Ministerio de Producción y Comercio, estos fueron utilizados en una superficie cosechada de 1295 ha para una producción de 40 100 t en el rubro agroalimentario. Aunque no se dispone de información actualizada, se estima que el consumo de plaguicidas para 2012 aumentó considerablemente debido al incremento en la superficie total cosechada y a la introducción del rubro de plantas ornamentales (Corporación de Los Andes 2002).

En el **cuadro I** se muestran los valores máximos de los residuos de plaguicidas encontrados, durante un estudio preliminar realizado entre mayo y julio de 2002 (datos no publicados), en los principales cursos de agua y acueductos de la región de Bajadore (Fig. 1). En este trabajo se investigó la presencia de ocho principios activos entre los que se encontraban los OF monocrotos, dimetoato y etil paratión; los CB metomilo, carbofurán y mancozeb; la cloroacetanilida (CA) metolacloro y la triazina (TA) metribuzin; la frecuencia de detección varió entre 50 % y 63 % en los ríos y de 0 % a 38 % en los acueductos. En el **cuadro II** se presenta un resumen de los resultados obtenidos por Molina-

Morales y colaboradores (2012) en un estudio realizado sobre los mismos cuerpos de agua (ríos Las Tapias, Las Playitas y Mocoties) en mayo de 2008 y 2010, se muestran los niveles máximos de residuos encontrados en un muestreo realizado durante cuatro semanas. En este caso, el estudio se extendió a trece principios activos: los OF malatión, etil paratión, metil paratón, metamidofos, dimetoato, clorpirifos y diazinón; los CB carbofurán, metomilo y mancozeb; las TA atrazina y metribuzin; y el derivado de urea (DE) linurón. En los respectivos cuadros se indican los plaguicidas que superan los MAC-EQS y CCC, desafortunadamente ni la UE ni la US-EPA incluyen todos los plaguicidas estudiados en las listas de sustancias que consideraron al elaborar los criterios de conservación para aguas superficiales (European Parliament and Council 2008, EPA 2013), razón por la cual Molina-Morales y colaboradores (2012) emplean los criterios de la UE establecidos para agua potable, indicando que en la mayoría de los casos se superan los límites tanto para plaguicida individual como para la sumatoria de plaguicidas, también se rebasan los límites establecidos por la legislación venezolana que es la menos exigente.

**CUADRO I.** NIVELES MÁXIMOS DE PLAGUICIDAS (µg/L) DETECTADOS EN AGUAS SUPERFICIALES Y DE CONSUMO HUMANO DEL MUNICIPIO RIVAS DÁVILA, ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA, EN MUESTREOS REALIZADOS ENTRE MAYO Y JULIO DE 2002

Muestreo	Plaguicida	Ríos			Acueductos*		
		Las Tapias	Las Playitas	Mocotíes	Las Playitas	Las Tapias	Bailadores
Mayo - Julio	Carbofurán	nd	5.32	nd	nd	nd	nd
	Dimetoato	3.92	nd	nd	4.18	nd	nd
	Mancozeb	34.85	17.14	5.27	28.29	42.96	nd
	Metolacloro	nd	2.57	0.20	nd	nd	nd
	Metomilo	nd	nd	0.20	0.15	0.06	nd
	Metribuzin	2.22	1.48	1.23	nd	nd	nd
	Paration etílico	3.99 <sup>a</sup>	0.47 <sup>a</sup>	0.42 <sup>a</sup>	nd	nd	nd
	Monocrotofos	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Frecuencia		50%	63%	63%	38%	25%	0%

nd: no detectado

<sup>a</sup> Por encima del CCC: Paration etílico 0.013 µg/L; Mancozeb 50 µg/L; Metribuzin 920 µg/L

\* Para el agua potable se toman en cuenta los criterios de la UE de un máximo de 0.1 µg/L para plaguicida individual y 0.5 µg/L para el total de plaguicidas.

Es importante hacer notar que la elevación de la frecuencia de detección de plaguicidas en aguas superficiales entre 2002 y 2008 (**Cuadros I y II**), coincide con el incremento de la producción agrícola en la región. Como se puede observar en el **Cuadro III**, entre 2002 y 2008, la superficie total cosechada se incrementó en 44 %, la producción agroalimentaria en 46 % y la de flores ornamentales en 100 %. Estas observaciones coinciden con lo señalado anteriormente sobre la prevalencia en Venezuela de una práctica agrícola basada en el paradigma de la “revolución verde”; por otra parte, la situación planteada coincide también con lo reportado en Ecuador sobre el impacto ambiental de la actividad florícola. En los últimos 15 años la floricultura ecuatoriana creció vertiginosamente bajo un esquema de producción basado en la utilización de agroquímicos hasta convertirse en el quinto rubro de exportación. Esto trajo como consecuencia un serio impacto sobre los sistemas hidrícos debido al uso indiscriminado e intensivo del agua y su contaminación por plaguicidas, con las respectivas consecuencias para la salud humana y el ambiente (Breilh 2007, Tillería 2010). De los plaguicidas reportados por Molina-Morales y colaboradores (2012) (**Cuadro II**) como contaminantes de las aguas superficiales en el municipio Rivas Dávila en 2008, los principios activos mancozeb, metomilo, carbofurán, diazinón y metamidofos son de uso común en los cultivos de rosas y también fueron reportados como contaminantes de las aguas superficiales en las cuencas donde se cultiva el rubro en Ecuador (Breilh 2007); entre estos mancozeb, diazinón y metamidofos fueron algunos de los encontrados en altas concentraciones.

En el año 2010 ocurre un fenómeno curioso, la frecuencia de detección que fue prácticamente 100 % en todos los lugares de muestreo en 2008, se reduce hasta alcanzar valores entre 31 % y 62 % (**Cuadro II**). Esta observación coincide con una disminución de casi el 90% en la producción de flores (**Cuadro III**), aunque la producción agroalimentaria se mantiene prácticamente constante (se reduce sólo el 5 %). Molina-Morales y colaboradores (2012) sostienen que a pesar de la disminución de la frecuencia de detección que en promedio es del 50 %, el panorama no es alentador debido a que los plaguicidas clorpirifos, diazinón, mancozeb y metamidofos, que ya se encontraban muy por encima de los límites permitidos en 2008, alcanzaron cantidades alarmantemente altas en 2010 (**Cuadro II**). Es necesario destacar que los plaguicidas clorpirifos, diazinón y metamidofos, pertenecientes al grupo OF, son todos insecticidas y están considerados como muy peligrosos (Neumeister y Weber 2009), razón por la cual este reporte es una evidencia adicional de la manera como la redundancia y sobredosificación en la aplicación de plaguicidas puede afectar la calidad de los cuerpos de aguas superficiales en las zonas donde se realiza una explotación agrícola intensiva basada en la utilización de agroquímicos. En el caso discutido anteriormente hay que señalar la posibilidad de que en la reducción de la frecuencia de detección también hayan intervenido algunos factores que escapan al alcance de este trabajo y que los principios activos no detectados hayan sido sustituidos por otros no incluidos en el estudio.

**CUADRO II.** COMPARACIÓN DE LOS NIVELES MÁXIMOS DE PLAGUICIDAS ( $\mu\text{g/L}$ ) ENCONTRADOS EN LOS RÍOS LAS TAPIAS, LAS PLAYITAS Y MOCOTÍES DEL MUNICIPIO RIVAS DÁVILA, ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA, DURANTE CUATRO SEMANAS DE MUESTREO ENTRE MAYO Y JUNIO DE 2008 Y 2010

Plaguicida	Mayo 2008			Mayo 2010				
	Río Las Tapias	Las Playitas	Mocotíes i	Mocotíes c	Río Las Tapias	Las Playitas	Mocotíes i	Mocotíes c
Atrazina	0.050 $\pm$ 0.005	1.99 $\pm$ 0.01	0.080 $\pm$ 0.001	0.200 $\pm$ 0.008	nd	nd	nd	0.0030 $\pm$ 0.001
Carbofuran	0.060 $\pm$ 0.002	0.34 $\pm$ 0.01	0.27 $\pm$ 0.02	0.350 $\pm$ 0.001	1.91 $\pm$ 0.04	nd	nd	1.8 $\pm$ 0.5
Clorpirifos	3.6 $\pm$ 0.2*	18.09 $\pm$ 0.09*	50.4 $\pm$ 0.2*	37 $\pm$ 2*	223.4 $\pm$ 0.1*	212 $\pm$ 35*	302.9 $\pm$ 0.9*	226 $\pm$ 1 <sup>a</sup>
Diazinón	0.11 $\pm$ 0.02	28.3 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	26.1 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	459 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	243.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	32 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	130 $\pm$ 21 <sup>a</sup>	0.118 $\pm$ 0.001
Dimeoato	0.8 $\pm$ 0.2	1.30 $\pm$ 0.9	2.9 $\pm$ 0.1	0.9 $\pm$ 0.2	55 $\pm$ 3	nd	50 $\pm$ 7	nd
Paratón éflico	3.38 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.33 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	2.9 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.72 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	nd	nd	nd	nd
Linuron	0.070 $\pm$ 0.004	0.100 $\pm$ 0.004	0.34 $\pm$ 0.02	0.35 $\pm$ 0.02	nd	nd	nd	nd
Malatión	3.38 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	3.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	8.9 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	6.6 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	nd	nd	nd	nd
Mancozeb	3.29 $\pm$ 0.03	2.7 $\pm$ 0.3	0.92 $\pm$ 0.02	44 $\pm$ 2	28.7 $\pm$ 0.8	13.1 $\pm$ 0.8	10.2 $\pm$ 0.2	108 $\pm$ 1 <sup>a</sup>
Metamidolos	8.80 $\pm$ 0.07	1.9 $\pm$ 0.1	2.1 $\pm$ 0.1	16 $\pm$ 1	72.2 $\pm$ 0.5	107 $\pm$ 8	42 $\pm$ 4	82 $\pm$ 3
Paratón metílico	0.080 $\pm$ 0.002	0.030 $\pm$ 0.003	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Metomilo	0.84 $\pm$ 0.06	0.12 $\pm$ 0.01	0.340 $\pm$ 0.001	0.38 $\pm$ 0.05	0.453 $\pm$ 0.001	0.21 $\pm$ 0.01	0.084 $\pm$ 0.001	nd
Metribuzin	0.020 $\pm$ 0.001	0.030 $\pm$ 0.001	0.080 $\pm$ 0.001	0.050 $\pm$ 0.003	9.53 $\pm$ 0.01	nd	2.398 $\pm$ 0.001	5.35 $\pm$ 0.01
Frecuencia	100%	100%	92%	92%	54%	31%	54%	62%

Tomado de: Molina-Morales *et al.* 2012

Los resultados se expresan como el promedio  $\pm$  la desviación estándar

nd: no detectado

\* Por encima del MAC-EQS: Cloropifos 0.1  $\mu\text{g/L}$ ; Atrazina 2  $\mu\text{g/L}$

<sup>a</sup> Por encima del CCC: Diazinon 0.17  $\mu\text{g/L}$ ; Paratón éflico 0.013  $\mu\text{g/L}$ ; Malatión 0.1  $\mu\text{g/L}$ ; Mancozeb 50  $\mu\text{g/L}$ ; Metribuzin 920  $\mu\text{g/L}$

**CUADRO III. CIFRAS OFICIALES DE SUPERFICIE COSECHADA Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL MUNICIPIO RIVAS DÁVILA, MÉRIDA, VENEZUELA, ENTRE 2002 Y 2010**

Año	Rubro	Superficie cosechada (h)	Producción
2002	Agroalimentario	1295.00	40100 t
	Ornamentales	-----	-----
2008	Agroalimentario	1790.47	58 345.92 t
	Ornamentales	78.00	3 888.00 mpaq
2010	Agroalimentario	1867.30	55 464.30
	Ornamentales	8.50	408.00 mpaq

t: toneladas métricas

mpaq: miles de paquetes (Rosas (Rosoideae): 24 unid/paq, Astromelias (*Alstroemeria psittacina*): 15 unid/paq)

La situación de contaminación por el uso excesivo de plaguicidas ha tenido sus consecuencias sobre la calidad del agua potable que se consume en el municipio Rivas Dávila. Como se puede observar en los datos mostrados en el **cuadro I**, en los acueductos de las aldeas Las Playitas, Las Tapias y Bailadores se detectó la presencia de algunos de los plaguicidas estudiados entre mayo y julio de 2002. A pesar de la baja frecuencia de detección, que en el acueducto de Bailadores llega a ser 0 %, los plaguicidas detectados en los otros acueductos superan los límites permitidos para agua potable. En un trabajo realizado por Flores-García y colaboradores (2011), donde se estudió la presencia de los mismos plaguicidas considerados por Molina-Morales y colaboradores (2012) en seis acueductos del municipio Rivas Dávila durante cuatro semanas de muestreo, entre mayo y junio de 2008, se pudo comprobar que la situación de la contaminación del agua potable continúa. Afortunadamente, las frecuencias de detección son del orden del 50 % y la mayoría de los principios activos se encuentran por debajo o apenas por encima de lo establecido por la UE como límite máximo para plaguicida individual y plaguicidas totales (0.1 µg/L y 0.5 µg/L, respectivamente). Sólo los plaguicidas diazinon (26.3 µg/L) y metamidofofos (10.9 µg/L) se encuentran en concentraciones que pueden considerarse como alarmantemente altas, tomando en cuenta que la OMS no indica valores límites debido a que estos principios activos no deben estar presentes en agua para consumo humano (WHO 2011).

En los trabajos revisados hasta ahora no se ha considerado la presencia de plaguicidas OC. Los principios activos que se han clasificado bajo este grupo químico se consideran COP y son objeto de particular atención para las organizaciones multinacionales que regulan la contaminación por plaguicidas en agua. En

Venezuela se comenzó a restringir la utilización de plaguicidas OC en 1983, sin embargo, algunos autores y organismos oficiales indican que estos podrían estar ingresando al país de forma ilegal (Corporación de Los Andes 2008, Isea Fernández *et al.* 2009). Al respecto, Uzcátegui y colaboradores (2011) encontraron evidencias de aplicaciones recientes de DDT, aldrín, dieldrín y endrín en un estudio realizado en muestras de suelo del municipio Pueblo Llano del estado Mérida, Venezuela (**Fig. 1**). En el municipio Rivas Dávila, se ha detectado la presencia de plaguicidas OC en aguas superficiales en un extenso muestreo realizado en la cuenca del río Mocotíes (Corporación de Los Andes 2008); entre los principios activos de mayor frecuencia se encuentran DDT, aldrín, dieldrín, endrín y endosulfán. En este reporte no se indican las concentraciones de cada uno de los compuestos detectados, sólo se señala que la cantidad total no superó los 2.0 µg/L en cada uno de los cursos de agua muestreados, lo cual se encuentra por debajo de los 200 µg/L establecidos como límite máximo por la legislación Venezolana. Aunque los autores consideran que los resultados indican que no hay un grado apreciable de contaminación, se debe tomar en cuenta que los AA-EQS establecidos por la UE para aguas de río son de 0.025 µg/L para DDT, 0.005 µg/L para endosulfán y 0.01 µg/L para la sumatoria de aldrín, dieldrín y endrín (European Parliament and Council 2008). Adicionalmente, despierta mayor preocupación el hecho de que han sido reportados residuos de plaguicidas OC en aguas para consumo humano en el mismo municipio (Flores *et al.* 2009), encontrándose en mayor concentración aldrín con 1.82 µg/L, cuyo límite máximo para agua potable según la UE y la OMS es 0.03 µg/L y endosulfán con 0.46 µg/L, cuyo límite máximo para agua potable es 0.1 µg/L según la UE.

Desde la población de Bailadores hasta su desembocadura en el río Chama (**Fig. 1**), el río Mocotíes recorre aproximadamente una distancia de 120 km a través de una zona caracterizada por desarrollar una actividad agrícola intensiva, basada en la aplicación de grandes cantidades de agroquímicos (Silva 1999). Al recibir el tributo del Mocotíes, el río Chama ya ha captado una buena cantidad de contaminantes en su recorrido por el páramo merideño donde también se realiza una explotación agrícola intensiva (Naranjo y Duque 2004, Montilla 2007). Finalmente, el cúmulo de contaminantes transportado por el río Chama llega al Lago de Maracaibo (**Fig. 2**) donde los efectos de la contaminación se ven reflejados, entre otros aspectos, en una eutrofización secundaria por un exagerado incremento de los niveles de nitrógeno y fósforo. El

Lago de Maracaibo es el mayor de Suramérica y su cuenca es muy importante para Venezuela debido a su gran biodiversidad y a los recursos pesqueros y energéticos (Fig. 2), como petróleo y gas natural, que en él se encuentran (Rivas *et al.* 2009).

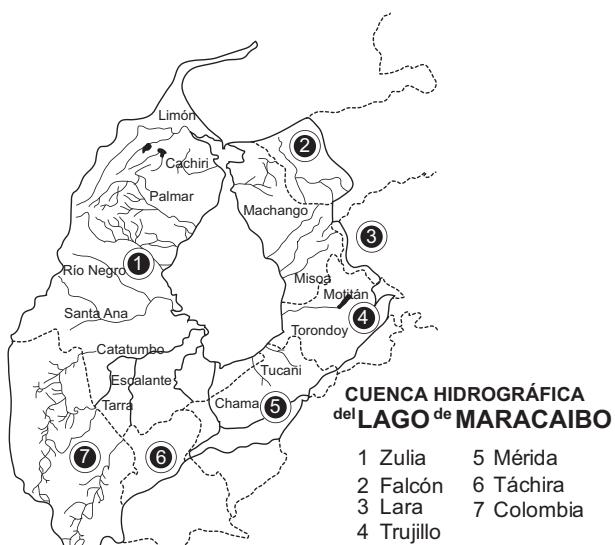


Fig. 2. Detalle de la cuenca del Lago de Maracaibo, se pueden apreciar las subcuencas de los ríos Catatumbo, Birimbay, Bravo, Motatán, Chama, Escalante y Santa Ana

La contaminación del Lago de Maracaibo no se debe únicamente al aporte del río Chama, en su zona suroccidental se ubican un total de 33 subcuencas que contribuyen con cerca del 70 % del agua dulce que llega al lago y que aportan elementos eutrofizantes, entre estas se destacan las cuencas de los ríos Catatumbo, Birimbay, Bravo, Motatán, Chama, Escalante y Santa Ana (Fig. 2). Algunos reportes señalan que, además de las descargas urbanas e industriales y los problemas ocasionados por la actividad petrolera, la contaminación provocada por las actividades agrícolas que se desarrollan en estas subcuencas es una de las causas más importantes de la contaminación del lago (Rivas *et al.* 2009, Ortega-Lara *et al.* 2012). Rivas y colaboradores (2005) señalan que la mayor contribución en cuanto a los contaminantes de origen agrícola proviene de los ríos Chama y Motatán. Este último también se origina en el sistema montañoso de los andes venezolanos y recorre zonas donde se realiza una explotación agrícola intensiva y de alto impacto ambiental, con las mismas características de las que se desarrollan en la cuenca del río Chama y Mocotíes (Jaimes *et al.* 2012).

Como podemos darnos cuenta, los estragos de una práctica agrícola basada en el paradigma de la

“revolución verde” han dejado una huella para nada “verde” sobre las aguas superficiales en Venezuela. Aunque en esta revisión la discusión se centró sobre un par de cuencas ubicadas en la región andina, específicamente en el estado Mérida y su influencia sobre la cuenca del Lago de Maracaibo, para el resto del país el panorama no es diferente. La utilización inadecuada de plaguicidas se ha reportado en otros estados productores extendidos por toda la geografía nacional como Barinas, Falcón, Lara, Miranda, Monagas, Nueva Esparta, Sucre, Táchira, Trujillo, Vargas, Yaracuy y Zulia (Chirinos y Geraud-Pouey 2011). A pesar de que existe la preocupación sobre el impacto ambiental por el uso excesivo de agroquímicos y que sabemos que se han realizado trabajos para evaluar la calidad de las aguas superficiales en diferentes zonas de Venezuela, la mayoría de los trabajos se quedan como tesis de pre y posgrado sin ser publicados, situación que no permite hacer un análisis lo suficientemente extenso en cuanto a cobertura geográfica se refiere.

## CONTAMINACIÓN POR PLAGUICIDAS EN AGUAS SUPERFICIALES EN OTROS PAÍSES DE LATINOAMÉRICA

La práctica agroindustrial intensiva basada en el empleo de agroquímicos, instalada a partir de los años 50, aún está vigente en toda Latinoamérica, y según algunos autores, sus efectos negativos sobre el ambiente y la salud se acentuaron a partir de los años 90 con la introducción de los cultivos transgénicos, fenómeno que se conoce como la “nueva revolución verde” y que ha incrementado la utilización de agroquímicos (Reboratti 2010, Segrelles Serrano 2011).

Uno de los ejemplos más importantes de esta situación se encuentra en la explosión de la floricultura que ha experimentado Ecuador. Aunque la actividad florícola no es la única responsable de la contaminación de los cursos de aguas superficiales, se ha considerado que es de mayor envergadura y extensión que la producida por la actividad agrícola dedicada a la explotación de los rubros agroalimentarios tradicionales, como papa y pastos para la ganadería. Debido a que el mercado demanda “flores perfectas”, se ha combinado la mejora genética con una intensa y extensa aplicación de agroquímicos, dando como resultado una práctica agrícola de alto impacto ambiental con las respectivas consecuencias para la salud (Breilh 2007, Tillería 2010). En estudios realizados en aguas superficiales de las regiones productoras de flores, se han encontrado residuos de

plaguicidas OC (COP) como DDT y endosulfán; CB como carbofurán y metomilo y OF como dimetoato, diazinón y clorpirifos, aunque no se reportan las concentraciones de estos principios activos (II Asamblea Mundial de la Salud de los Pueblos Global Health Watch 2005).

En Colombia se presenta la misma problemática que en Ecuador y otros países como Costa Rica y México, en los que se ha instalado la floricultura como un sistema de producción agroindustrial desarrollado dentro del modelo de la “revolución verde” (II Asamblea Mundial de la Salud de los Pueblos Global Health Watch 2005). La floricultura de exportación genera problemas que son comunes a todos los países donde se implanta, entre los que podemos nombrar el uso intensivo del agua en detrimento de su disposición para el consumo humano y contaminación de las fuentes de aguas subterráneas y superficiales por el empleo indiscriminado de agroquímicos. Como un ejemplo de esta situación, encontramos que el consumo de plaguicidas en la floricultura colombiana se estimó entre 200 y 300 kg/ha/año para 2002, mientras que los floricultores holandeses emplearon 100 kg/ha/año (Ardila Carrillo y Ulloa Unanue 2002). En un trabajo realizado en la población de Suesca ubicada en la ribera del río Bogotá (Salcedo Monsalve *et al.* 2012), donde la floricultura es una de las actividades económicas más importantes, se reportó la presencia de plaguicidas OC en concentraciones que alcanzan los 14.3 µg/L, destacándose la presencia de  $\beta$ -BHC y endosulfán, cuyos MAC-EQS son 0.05 y 0.01 µg/L, respectivamente (European Parliament and Council 2008). También se hallaron plaguicidas OF que alcanzan una concentración promedio de 26.1 µg/L, siendo el más frecuentemente detectado el metil bromofos, para el cual no se reporta EQS ni CCC pero se encuentra por encima de los criterios para agua potable de la EU (0.1 µg/L). Problemas similares se han reportado en la región de Antioquia, donde se detectaron evidencias de genotoxicidad en extractos orgánicos obtenidos a partir de diferentes fuentes de aguas superficiales, indicando que la actividad genotóxica se genera como consecuencia de vertidos contaminados con plaguicidas derivados de la intensa actividad agropecuaria que se realiza en la zona (Tobón y López 2011). Por otra parte, Lans y colaboradores (2008) publicaron un estudio de contaminación por plaguicidas OC realizado en la Ciénaga Grande del Bajo Sinú, en cuyos alrededores se lleva a cabo una intensa actividad agrícola con el empleo de grandes cantidades de agroquímicos, describiendo la presencia de  $\alpha$ -BHT (0.031 - 0.112 µg/L),  $\beta$ -BHT (0.316 - 0.586 µg/L),  $\gamma$ -BHT (0.115 - 0.060 µg/L),

aldrín (0.110 - 0.280 µg/L) y heptacloro epóxido (0.281 - 0.549 µg/L); los autores indican que en la mayoría de los sitios de muestreo las concentraciones sobrepassan los 0.1 µg/L que establece la norma colombiana para plaguicidas individuales (Lans *et al.* 2008). Este reporte confirma la utilización de plaguicidas de alta peligrosidad considerados COP en Colombia. Aún cuando están prohibidos, al igual que en Venezuela, la preocupación se incrementa cuando encontramos que el MAC-EQS para el BHT es 0.05 µg/L, para aldrín sólo aplica el AA-EQS establecido en 0.01 µg/L para la suma de adrín, endrín, dieldrín e isodrín (European Parliament and Council 2008); y con respecto al heptacloro epóxido el CCC fijado por la EPA es 0.0038 µg/L (EPA 2013).

En Argentina al parecer la situación es diferente, a pesar de que este país no escapa a los programas trasnacionales para la implementación de esquemas de producción basados en la utilización de agroquímicos (Reboratti 2010). Los estudios realizados para evaluar la contaminación por plaguicidas en algunos cursos de aguas superficiales han revelado que los principios activos analizados se encuentran en concentraciones por debajo de los niveles máximos permitidos para la preservación de la vida acuática; en estos estudios se han incluido plaguicidas de los grupos químicos OC, OF, CB y TA (Gil *et al.* 2005, Peluso *et al.* 2009, Tosi *et al.* 2009).

En México, que fue la puerta de entrada de la “revolución verde” en Latinoamérica (Heinisch 2013), la situación parece ser más parecida a los casos de Venezuela, Colombia y Ecuador. Para el año 2000 el consumo de plaguicidas en México se estimó en 50 000 t/año, con un valor de mercado entre 400 y 600 millones de dólares americanos. Entre los estados que reportan mayor uso de plaguicidas se encuentran Sinaloa, Chiapas, Veracruz, Jalisco, Nayarit, Colima, Sonora, Baja California, Tamaulipas, Michoacán, Tabasco, Estado de México, Puebla y Oaxaca; sólo en el estado de Nayarit se registran más de 100 intoxicaciones agudas por año (González-Arias *et al.* 2012). A pesar de que en la literatura consultada se reconoce como un problema muy importante la contaminación de los cuerpos de agua superficiales por los residuos tóxicos generados a través de la intensa actividad agrícola, algunos autores señalan que existe muy poca información al respecto (Norzagaray Campos *et al.* 2010, García-Gutiérrez y Rodríguez-Meza 2012), coincidiendo con lo señalado anteriormente para el caso de Venezuela. Entre los trabajos publicados más recientemente se encuentra el de Hernández-Antonio y Hansen (2012), quienes reportaron la presencia de plaguicidas en aguas de

rios, drenajes y norias localizados en una zona agrícola de referencia (ZAR) ubicada en la región de Sinaloa, detectando residuos de atrazina en niveles que varían entre 4.62 y 15.01 µg/L y desetilatrazina (metabolito de la atrazina) entre 6.23 y 30.23 µg/L, los cuales exceden los límites guía establecidos por la norma canadiense y la OMS. Estos niveles también están por encima del MAC-EQS de 2.0 µg/L para aguas superficiales y el máximo para plaguicidas individuales en agua potable de 0.1 µg/L que establece la UE (Consejo de la Unión Europea 1998, European Parliament and Council 2008). También se reportó la presencia de clordano (0.02 µg/L), DDD (0.02 µg/L) y DDE (0.03 µg/L) en aguas de las lagunas costera ubicadas en la ZAR, indicando que sólo el DDD rebasó los límites establecidos por la norma mexicana (Hernández-Antonio y Hansen 2011). Si tomamos en cuenta que el CCC para el clordano es 0.0043 µg/L (EPA 2013), podríamos encontrarnos en una situación de subestimación del problema de contaminación al igual que en otros casos discutidos anteriormente. El DDD y DDE también fueron reportados en los sedimentos de las lagunas costeras de la ZAR bajo estudio, en concentraciones superiores a las establecidas por la norma mexicana (Hernández-Antonio y Hansen 2011).

Aunque se han publicado pocos trabajos, vale la pena destacar que la presencia de residuos de plaguicidas en aguas superficiales del estado de Sinaloa puede ser un problema muy importante, sobre todo si se toma en cuenta que su superficie cultivada es aproximadamente de 1.2 millones de hectáreas, con una producción de 8 millones de toneladas (García de la Parra *et al.* 2012). Los estudios realizados sobre sedimentos de drenajes agrícolas en el valle de Culiacán apoyan esta observación; en ellos se han reportado residuos de plaguicidas OC como DDT, DDE, HCH (lindano), endosulfan, eldrín, dieldrín, heptacloro y metoxicloro; OF entre los que se detectan diclorvos, diazinón, clorpirifos, fenmifos, azinfos y etion y plaguicidas de otros grupos químicos como piretroides, triazoles y fenilpirazoles; en la mayoría de los casos sus concentraciones se encuentran por encima de los niveles permitidos (García de la Parra *et al.* 2012). Inevitablemente estos residuos van a parar a las aguas superficiales, causando problemas de salud pública en los asentamientos humanos ubicados alrededor de las zonas de explotación agrícola y afectando los ecosistemas acuáticos. Esta situación resulta preocupante, más aún cuando algunos de los cuerpos de agua del estado de Sinaloa son considerados humedales de importancia internacional y están incluidos

en la Convención de Ramsar (García-Gutiérrez y Rodríguez-Meza 2012).

Recientemente se publicó un estudio sobre la presencia de residuos de piretroides, enfocado principalmente hacia el análisis de aguas de pozo de uso urbano en los valles del Yaqui y Mayo en el estado de Sonora (Moreno-Villa *et al.* 2012). En este trabajo se reportaron cipermetrina (2.8 - 29.4 µg/L), ciflutrina (6.2 - 24.4 µg/L) y fenvalerato (8.7 - 10.6 µg/L); los autores indican que los valores hallados superan la CL50 (concentración letal) para invertebrados acuáticos, peces y crustáceos y que esta situación puede ser indicadora de la contaminación de acuíferos. Vale la pena destacar que la OMS no ha establecido valores guías para este tipo de insecticidas e indica que es poco probable que se encuentren en agua potable (WHO 2011), esto quizás debido a su facilidad para degradarse por hidrólisis tanto en suelo como en agua, pero la verdad es que su uso creciente ha convertido a los piretroides en uno de los residuos de la actividad agrícola más persistentes en el ambiente, lo cual podría traer graves problemas de salud pública (Chen *et al.* 2011).

Llama poderosamente la atención un hecho común a todos los casos que se han presentado: hay una gran preocupación por la presencia de residuos de plaguicidas OC en niveles relativamente altos, lo cual evidencia su reciente utilización. Debemos recordar que este tipo de sustancias han sido prohibidas a través de convenios internacionales, por ser consideradas COP y tener un fuerte impacto sobre la salud humana y los ecosistemas. A través de estos convenios, los plaguicidas OC también han sido restringidos en Argentina, Colombia, Ecuador, México y Venezuela, por nombrar sólo a los países que se consideran en esta revisión. A este respecto, vale la pena destacar que tanto en la literatura consultada como en entrevistas realizadas en el campo, es común encontrarse con comentarios que indican que estos productos ingresan a nuestros países ilícitamente a través del contrabando. Ahora bien, de esta situación surgen una serie de preguntas: ¿Cómo es que estas sustancias que están restringidas por convenios internacionales se siguen produciendo, vendiendo y aplicando? ¿Quién o quiénes están detrás del contrabando? Si las organizaciones internacionales se dedicaran a tratar de responder estas preguntas y a implementar algunas sanciones, la solución de los problemas causados por el uso inadecuado de plaguicidas podría resolverse con mayor prontitud. Aunado a esto, nos encontramos con los inconvenientes propios de cada país en cuanto a la ineficiencia de los estados para implementar y hacer

cumplir instrumentos legales adecuados a las normativas internacionales sobre el uso de sustancias químicas peligrosas.

### EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS SOBRE LA SALUD HUMANA

La naturaleza tóxica de los plaguicidas ha sido claramente establecida en este artículo, sin embargo es importante resaltar algunos aspectos recientemente evidenciados sobre los efectos de los plaguicidas en la salud humana. Actualmente ha sido tomada muy en cuenta por la comunidad científica y médica, la presencia en el ambiente de un grupo de sustancias que han sido catalogadas como compuestos disruptores endocrinos (CDE). Este tipo de compuestos actúa en el organismo interfiriendo con las hormonas naturales, debido a que tienen una gran capacidad para enlazarse a los receptores de estrógenos y andrógenos, actuando en algunos casos como agonistas y en otros como antagonistas de estas hormonas (Frye *et al.* 2011, Mnif *et al.* 2011). Los CDE también pueden interferir con la síntesis, transporte, metabolismo y eliminación de las hormonas incidiendo directamente sobre su concentración en el torrente sanguíneo y afectando los procesos que ellas controlan; por ejemplo, pueden inhibir la producción de la hormona tiroidea lo cual a su vez tiene un efecto negativo sobre el desarrollo del sistema nervioso central (Miranda-Contreras *et al.* 2005, Mnif *et al.* 2011).

Podemos decir que ha sido bien establecida la relación entre la exposición a plaguicidas disruptores endocrinos (PDE) y algunas patologías humanas ocasionadas por desequilibrios hormonales (Miranda-Contreras *et al.* 2005, Gómez-Pérez *et al.* 2011, Mnif *et al.* 2011, Miranda-Contreras *et al.* 2013). Se ha encontrado una variada gama de PDE, entre los que más resaltan se encuentran los OC que forman parte de los COP, como es el caso del aldrín, dieldrín, endrín, clordano, DDT, heptacloro y los isómeros del HCH (Arata de Bellabarba 2011). Entre los otros grupos químicos, podemos detectar principios activos como atrazina, carbofurán, clorotalonil, clorpirifos, cipermetrina, diazinón, dimetoato, endosulfán, línurón, mancozeb, malatión, metomilo, metolaclor, metribuzin, paratión y permetrina, sólo por nombrar algunos de los más conocidos (Mnif *et al.* 2011).

Aunado al efecto negativo de los PDE se tiene el bien conocido efecto de los plaguicidas OF y CB como inhibidores de la acetilcolinesterasa, pero particularmente en el caso de los plaguicidas OF se ha señalado que son potenciales inductores de una

enfermedad que se conoce como neuropatía retardada inducida por organofosforados (OPIDN, por sus siglas en inglés). Éste es un desorden neurodegenerativo que surge como efecto de la exposición crónica a algunos plaguicidas OF caracterizado por presentar ataxia que progresiva a una parálisis, ocasionando de forma concomitante una axonopatía distal central y periférica (Emerick *et al.* 2012). Adicionalmente, además de las ya conocidas neuropatías periféricas inducidas por plaguicidas, se ha demostrado en animales de laboratorio que principios activos como metamidofos, mancozeb y paraquat pueden ocasionar alteraciones en la liberación de neurotransmisores en el sistema nervioso central (Miranda-Contreras *et al.* 2005, Benítez-Díaz y Miranda-Contreras 2009, Noriega-Ortega *et al.* 2011).

Como lo hemos venido describiendo, los cursos de aguas superficiales están contaminados con una mezcla muy compleja de principios activos debido al desarrollo de una práctica agrícola basada en el paradigma de la “revolución verde”. Por esta razón la fauna y los seres humanos que están en contacto con estos cursos de agua se exponen simultáneamente a varios tipos de plaguicidas que, de acuerdo con su naturaleza, tiene diferentes efectos sobre el organismo. Este conjunto de sustancias pueden actuar de forma sinérgica o aditiva, lo cual podría ocasionar al organismo un daño mayor que el producido por la exposición a cada plaguicida por separado (Frye *et al.* 2011, Mnif *et al.* 2011).

### CONCLUSIONES

A finales de los años 40, se introdujo en Latinoamérica un modelo agrícola industrial basado en el empleo intensivo y extenso de productos químicos sintéticos, el cual prevalece hasta hoy día. De esta manera se ha generado una dependencia de estos productos, tanto así que la agricultura moderna no se concibe sin la utilización de grandes volúmenes de plaguicidas sintéticos, sin tomar en cuenta que prácticamente todos estos compuestos son considerados sustancias químicas peligrosas que ocasionan graves problemas de salud pública y daños al ambiente.

El uso inadecuado y excesivo de grandes volúmenes de plaguicidas en la actividad agrícola ha traído como consecuencia la contaminación de las aguas superficiales cercanas a las zonas de producción, encontrándose en la mayoría de los casos concentraciones de principios activos que superan los niveles máximos permitidos por las normativas nacionales e internacionales establecidas para su control. Es impor-

tante destacar que se sigue presentando evidencia de la aplicación reciente de sustancias como los plaguicidas OC, considerados COP y que han sido prohibidos desde hace alrededor de 20 años en los países de Latinoamérica firmantes de los convenios internacionales sobre el control de sustancias peligrosas.

A través de los cursos de aguas superficiales los plaguicidas son transportados lejos de los lugares donde fueron aplicados, trasladando la contaminación a lagos, lagunas, humedales, acuíferos, agua de mar y reservorios de agua potable. Si no se toman los correctivos necesarios, el problema podría adquirir una magnitud que se pierde de vista debido a que la población y los ecosistemas, independientemente del lugar donde se encuentren, estarían expuestos de forma crónica a bajas dosis de un conjunto de sustancias sumamente tóxicas, que además podrían actuar de forma sinérgica ocasionando daños al hombre y a la fauna. Adicionalmente, debido a las características del tipo de exposición que se genera y a la carencia de información, sería muy difícil para las instituciones de salud pública asociar alguna patología con la exposición a plaguicidas, sobre todo en lugares alejados de las zonas de producción agrícola.

Además de la necesidad de los agricultores de asegurar el éxito de la cosecha, esta situación surge como consecuencia de la falta de políticas claras que permitan aplicar los controles y las leyes ya existentes tanto a nivel nacional como internacional. Adicionalmente, es evidente la carencia de un asesoramiento técnico de alto nivel, que tome en cuenta tanto las necesidades del agricultor como el impacto que ocasionan los plaguicidas en la salud pública y el ambiente y que actúe alejado de los intereses económicos de las transnacionales comercializadoras de agroquímicos. En este sentido, debemos indicar la necesidad de introducir cambios que conviertan la práctica agrícola en una actividad sostenible y amigable con el ambiente en la que se reduzca la relevancia de los plaguicidas, como por ejemplo la implementación de programas de manejo integrado de plagas o la agricultura orgánica.

## REFERENCIAS

- Arata de Bellabarba G. (2011). Contaminantes orgánicos persistentes (COPs): qué son y cómo afectan el medio ambiente. *Rev. Venezol. Endocrinol. Meta*, 9, 34-36.
- Ardila Carrillo Z. y Ulloa Unanue M. (2002). Mujeres y flores: flexibilización en marcha. El trabajo de las mujeres floricultoras en Colombia. *AREAS Rev. Cienc. Soc.* 22, 205-211.
- Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (2001). Ley de sustancias, materiales y desechos peligrosos. *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela*, Issue 5554 ext.
- Benítez-Díaz P. y Miranda-Contreras L. (2009). Efectos de la exposición prenatal a paraquat sobre el desarrollo de la transmisión sináptica aminoacídica en la corteza cerebral parietal del ratón. *Invest. Clin.* 50, 465-478.
- Breilh J. (2007). Nuevo modelo de acumulación y agroindustria: las implicaciones ecológicas y epidemiológicas de la floricultura en Ecuador. *Ciência y Saude Coletiva* 12, 91-104.
- Ceccon E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias* 91, 21-29.
- Chen S., Lai K., Li Y., Hu M., Zhang Y. y Zeng Y. (2011). Biodegradation of deltamethrin and its hydrolysis product 3-phenoxybenzaldehyde by a newly isolated *Streptomyces aureus* strain HP-S-01. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 90, 1471-1483.
- Chirinos D. y Geraud-Pouey F. (2011). El manejo de plagas agrícolas en Venezuela. Análisis y reflexiones sobre algunos casos. *Interciencia* 36, 192-199.
- Consejo de la Unión Europea (1998). Directiva 98/83/CE del Consejo de 3 de noviembre de 1998 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* L330, 32-54.
- Contreras I., Molina O. y González B. (2005). Negociación de los pesticidas utilizados para el control de plagas y enfermedades - rubro papa. *Municipio Rangel - Estado Mérida. Visión Gerencia* 4, 99-116.
- Corporación de Los Andes (2002). Dossier municipal 2002, Rivas Dávila, Mérida: Corporación de Los Andes, Vicepresidencia de la República Bolivariana de Venezuela. [www.corpoandes.gov.ve]
- Corporación de Los Andes (2008). Formulación del plan de manejo de cuencas de la región occidental tributarias al Lago de Maracaibo. Etapa I: Cuenca del río Chama, subcuenca río Mocotíes, Mérida: Corporación de Los Andes, Ministerio del Poder Popular para la Planificación y Desarrollo. [www.corpoandes.gov.ve]
- Corporación de Los Andes (2010a). Dossier estadal 2010, Mérida, Mérida: Corporación de Los Andes, Vicepresidencia de la República Bolivariana de Venezuela. [www.corpoandes.gov.ve]
- Corporación de Los Andes (2010b). Dossier municipal 2010, Rivas Dávila, Mérida: Corporación de Los Andes, Vicepresidencia de la República Bolivariana de Venezuela. [www.corpoandes.gov.ve]
- Damalas C. y Eleftherohorinos I. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *Int. J. Environ. Res. Pub. Health.* 8, 1402-1419.

- Dierksmeier G., Hernández R., Ricardo C., Llanes M.N., Linares A.C. y Cárdenas Z. (2002). Movimiento de algunos plaguicidas en el suelo. *Fitosanidad* 6, 43-49.
- Duffner A., Ingwersen J., Hugenschmidt C. y Streck T. (2012). Pesticide transport pathways from slope litchi orchard to an adjacent tropical stream as identified by hydrograph separation. *J. Environ. Qual.* 41, 1315-1323.
- EEA - WHO (2002). Water and health in Europe. World Health Organization, Regional Publications Finlandia.
- Emerick G., De Oliveira G., dos Santos A. y Ehrich M. (2012). Mechanisms for consideration for intervention in the development of organophosphorus-induced delayed neuropathy. *Chemico-Biological Interac.* 199, 177-184.
- EPA (2012). Drinking Water Contaminants. [En línea] Available at: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm#List> [Último acceso: 23 abril 2013].
- EPA (2013). National Recommended Water Quality Criteria. [En línea] Available at: <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/current/index.cfm#cmc> [Último acceso: 23 abril 2013].
- European Parliament and Council (2008). Environmental Quality Standards Directive. Official Journal of the European Union L348, 84-97.
- Farrera R., Barroso J., Silva I., Armas W. y Serrano G. (2002). Educación para el manejo y uso de plaguicidas en los municipios rurales: Jáuregui y Vargas, Táchira. *Geoenseñanza* 7, 38-56.
- Flores S., Uzcátegui J., Estebanez N., Padilla M. e Hidalgo E. (2009). Determinación de plaguicidas organoclorados en aguas destinadas al consumo humano en el municipio Rivas Dávila, Mérida, Venezuela. *Biologist* 7, 18.
- Frye C., Bo E., Calamandrei G., Calsa L., Dessim-Fulgheri F., Fernández M., Fusani L., Kahss O., Kajta M., Le Pagess Y., Patisaul H.B., Venerosi A., Wojtowicz A.K. y Panzica G.C. (2011). Endocrine disrupters: A review of some sources, effects, and mechanisms of actions on behaviour and neuroendocrine system. *J. Neuroendocrinol.* 24, 144-159.
- García de la Parra L., Cervantes-Mojica L., González-Valdivia C., Martínez-Cordero F., Aguilar-Zárate G., Bastidas-Bastidas P. y Betancourt-Lozano M. (2012). Distribution of pesticides and PCBs in sediments of agricultural drains in the Culiacan Valley, Sinaloa, Mexico. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 63, 323-336.
- García-Gutiérrez C. y Rodríguez-Meza G. (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai* 8, 1-10.
- Gil M., Aschkar G.A., Pozzo Adrizzzi M.C., Pellejero G. y Abrameto M. (2005). Evaluación de residuos de plaguicidas en aguas del río Negro en sitios estratégicos para la captación de agua potable. *Revista Pilquen* VII, 1-9.
- Gómez-Pérez R., Rojas G., Miranda-Contreras L., Cruz I., Berrueta L., Salmen S., Contreras C.A., Balza A., Zabala L., Colmenares M., Barreto S., Morales Y. y Osuna J.A. (2011). Efectos de la Exposición Ocupacional a Plaguicidas Sobre la Integridad de la Cromatina Espermática. *Rev. Venezol. Endocrinol. Metab.* 9, 67-78.
- González-Arias C., Robledo-Marencio M.L., Medina-Díaz I.M., Velázquez-Fernández J.B., Girón-Pérez M.I., Quintanilla-Vega B., Ostrosky-Wegman P., Pérez-Herrera N.E. y Rojas-García A.E. (2012). Patrón de uso y venta de plaguicidas en Nayarit, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 26, 221-228.
- Heinisch C. (2013). Soberanía alimentaria: un análisis del concepto. En: F. Hidalgo, P. Lacoix y P. Román, edits. *Comercialización y Soberanía Alimentaria*. Quito - Ecuador: SIPAE y Agronomes y Vétérinaires Sans Frontières 11-35.
- Hernández-Antonio A. y Hansen A. (2011). Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de Mexico y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27, 115-127.
- Herrera Tapia F. (2013). Enfoques y políticas de desarrollo rural en México. *Política y Gestión Pública* 22, 131-159.
- IFCS (2006). Reducción de la pobreza y gestión racional de los productos químicos: documento de reflexión. Budapest, Hungría, Organización Mundial de la Salud, 1-16.
- II Asamblea Mundial de la Salud de los Pueblos Global Health Watch (2005). Informe alternativo sobre la salud en América Latina, Observatorio Latinoamericano de Salud, Quito - Ecuador: Centro de Estudios y Asesoría en Salud.
- Isea Fernández G., Huerta Morillo L. y Rodríguez Rodríguez I. (2009). Desarrollo histórico de la legislación sobre plaguicidas organoclorados en Venezuela. *Rev. Cienc. Salud Bogotá (Colombia)* 7, 47-64.
- Jaimes E., Martos Z., Pineda N. y Mendoza J. (2012). Capacidad de carga de uso específico de la tierra en cuatro comités de riego de la subcuenca Alto Motatán, estado Mérida, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 29, 355-377.
- Karam M., Ramírez G., Bustamante-Montes L. y Galvan J. (2004). Plaguicidas y salud de la población. *Ciencia Ergo Sum* 11, 246-254.
- Lans E., Marrugo J. y Díaz B. (2008). Estudio de la contaminación por pesticidas organoclorados en aguas de la Ciénaga Grande del Valle Bajo del Río Sinú. *Temas Agrarios* 13, 49-56.
- Leistra M. y Boesten J. (2012). Pesticide leaching from agricultural fields with ridges and furrows. *Water Air Soil Poll.* 213, 341-352.

- Medina C., Allara M., Izquierdo P., Sánchez E., Piñero M.Y. y Torres G. (2010). Residuos de insecticidas organoclorados en yogurt firme de tres marcas comerciales, elaborado en Venezuela. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 20, 203-211.
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (1998). Normas sanitarias de calidad del agua potable. *Gaceta Oficial de la República de Venezuela Año CXXV(36.395)*.
- Miranda-Contreras L., Dávila-Ovalles R., Benítez-Díaz P., Peña-Contreras Z. y Palacios-Prü E. (2005). Effects of paraquat and mancozeb exposure on amino acid synaptic transmission in developing mouse cerebellar cortex. *Dev. Brain Res.* 160, 19-27.
- Miranda-Contreras L., Gómez-Pérez R., Rojas G., Cruz I., Berrueta L., Salem S., Colmenares M., Barreto S., Balza A., Zavala L., Morales Y., Molina Y., Valeri L., Contreras C.A., Osuna J.A. (2013). Occupational exposure to organophosphate and carbamate pesticides affects sperm chromatin integrity and reproductive hormone levels among Venezuelan farm workers. *J. Occup. Health* 55, 195-203.
- Mnif W., Hadj Hassine A.I., Bouaziz A., Bartegi A., Thomas O. y Roig B. (2011). Effects of endocrine disruptor pesticides: A review. *Int. J. Environ. Res. Pub. Health* 8, 2265-2303.
- Molina-Morales Y., Flores-García M., Balza-Quintero A., Benítez-Díaz P. y Miranda-Contreras L. (2012). Niveles de plaguicidas en aguas superficiales de una región agrícola del estado Mérida, Venezuela, entre 2008 y 2010. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 28, 289-301.
- Montilla A. (2007). Algunas consideraciones en torno a la problemática del recurso hídrico en el Páramo Andino Venezolano. *Geoenseñanza* 12, 199-211.
- Moreno-Villa E., Aldana-Madrid M.L., Silveira-Gramont M.I., Rodríguez-Olibarria G., Valenzuela-Quintanar A.I. y Meza-Montenegro M. (2012). Análisis de piretroides en suelo y agua de zonas agrícolas y urbanas de los valles del Yaqui y Mayo. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 28, 303-310.
- Murcia A. y Stashenko E. (2008). Determinación de plaguicidas organofosforados en vegetales producidos en Colombia. *Agro Sur* 36, 71-81.
- Naranjo M. y Duque R. (2004). Estimación de la oferta de agua superficial y conflictos de uso de la cuenca alta del río Chama, Mérida, Venezuela. *Interciencia* 29, 130-137.
- Neumeister L. y Weber C. (2009). PAN Internacional, Lista de plaguicidas altamente peligrosos.: Pesticide Action Network International, Hamburgo.
- Noriega-Ortega B., Armienta-Aldana E., Cervantes-Pompa J.A., Armienta-Aldana E., Hernández-Ruiz E., Chaparro-Huerta V., Bravo-Cuellar A. y Beas-Zárate C. (2011). GABA and dopamine release from different brain regions in mice with chronic exposure to organophosphate methamidophos. *J Toxicol. Pathol.* 24, 163-168.
- Norzagaray Campos M., García Gutiérrez C., Llanes Cárdenas O., Troyo Diéguez E. y Muñoz Sevilla P. (2010). Análisis de la producción agrícola extensiva en Sinaloa: alternativas para el uso sostenible del agua. *Ra Ximhai* 6, 45-50.
- OPS (2009). Herramientas de capacitación para el manejo responsable de plaguicidas y sus envases. 2da ed.: AAMMA, Organización Panamericana de la Salud, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Buenos Aires, Argentina.
- Ortega-Lara A., Lasso-Alcalá O.M., Lasso C.A., Andrade de Pasquier G. y Bogotá-Gregory J.D. (2012). Peces de la cuenca del río Catatumbo, cuenca del Lago de Maracaibo, Colombia y Venezuela. *Biota Colombiana* 13, 71-98.
- Peluso F., Grosman F. y González Castelain J. (2009). Riesgo sanitario por pesticidas organoclorados en aguas de una laguna pampeña argentina. *Toxicología* 43, 233-240.
- Pérez Espejo R. (2012). La contaminación agrícola del agua: aspectos generales y teoría. En: *Agricultura y Contaminación del Agua*. Mexico (R. Pérez Espejo y A. Aguilar Ibarra, Eds.) UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas, pp. 16-22.
- Pérez Vázquez A. y Landeros Sánchez C. (2009). Agricultura y deterioro ambiental. *Elem. Cienc. Cult.* 16, 19-25.
- Pierre F. y Betancourt P. (2007). Residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en el cultivo de cebolla en la depresión de Quíbor, Venezuela. *Bioagro* 19, 69-78.
- Plenge-Tellechea F. y Sierra-Fonseca J. (2007). Riesgos a la salud humana causados por plaguicidas. *Tecnociencia Chihuahua* 1, 4-6.
- Presidencia de la República de Venezuela (19950. Decreto No. 883 - Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. *Gaceta Oficial de Venezuela Año CXXIII(5.021)*.
- Presidencia de la República (2008). Decreto Nro. 6129 con Rango, Valor y Fuerza de Habilitante: Ley de Salud Agrícola Integral. *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Issue 5890 Extraordinario*.
- Prüss-Üstün A. y Corvalán C. (2006). Preventing disease through healthy environments, towards an estimate of the environmental burden of disease. World Health Organization. Francia.
- Quintero A., Caselles M. y Ettiene G. (2008). Monitoring of organophosphorus pesticide residues in vegetables of agricultural area in Venezuela. *Bull. Contam. Toxicol.* 81, 393-396.

- Ramírez J. y Lacasaña M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch. Preven. Riesgos Laborales* 4, 67-75.
- Reboratti C. (2010). Un mar de soja: la nueva agricultura en argentina y sus consecuencias. *Rev. Geog. Norte Grande* 45, 63-76.
- Red ARA, 2011. Aportes para un diagnóstico de la problemática ambiental de Venezuela. Red ARA - Embajada de Finlandia, Caracas.
- Rivas Z., Márquez R., Troncone F., Sánchez J., Colina M. y Hernández P. (2005). Contribución de principales ríos tributarios a la contaminación y eutrofización del Lago de Maracaibo. *Ciencia* 13, 68-77.
- Rivas Z., Sánchez J., Trocone F., Márquez R., Ledo de Medina H., Colina M. y Gutiérrez E. (2009). Nitrógeno y fósforo totales de los ríos tributarios al sistema Lago de Maracaibo, Venezuela. *Interciencia* 34, 308-314.
- SAICM (2007). Enfoque estratégico para la gestión de productos químicos a nivel internacional. Ginebra-Suiza: SAICM, PNUMA, Organización Mundial de la Salud.
- Salcedo Monsalve A., Díaz Criollo S.M., González Mantilla J.F., Rodríguez Forero A. y Verona Uribe M.E. (2012). Exposición a plaguicidas en los habitantes de la ribera del río Bogotá (Suesca) y en el pez Capitan. *Rev. Cienc. Salud* 10 (Especial), 29-41.
- Segrelles Serrano J. (2011). El problema de los cultivos transgénicos en América Latina: una “nueva” revolución verde. *Entorno Geográfico* 3, 93-120.
- Silva G. (1999). Análisis hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río Chama, estado Mérida, Venezuela. *Rev. Geog. Venez.* 40, 9-41.
- Standlner T., Buteler M. y Weaver D. (2010). Nanoinsecticidas: Nuevas perspectivas para el control de plagas. *Rev. Soc. Entom. Argent.* 69, 149-156.
- Tillería Y. (2010). Impactos de la floricultura en la salud y el ambiente. En: *¿Estado Constitucional de Derechos? Informe sobre derechos humanos Ecuador 2009.* (Q. Ortiz, Ed.). 1<sup>a</sup> ed. Universidad Andina Simón Bolívar / Ediciones Abya-Yala. Quito – Ecuador, pp. 285-290.
- Tobón F. y López L. (2011). Genotoxicidad del agua contaminada por plaguicidas en un área de Atioquia. *Rev. MVZ Córdoba* 16, 2605-2615.
- Tosi A., Pechen de D'Angelo A., Savini M. y Loewy R., (2009). Evaluación de riesgo por plaguicidas sobre aguas superficiales de la región Norpatagónica Argentina. *Acta Toxicol. Argent.* 17, 1-6.
- UNEP (2007). Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. United Nations Environment Program. Estocolmo, Suecia
- Uzcátegui J., Araujo Y. y Mendoza L. (2011). Residuos de plaguicidas organoclorados y su relación con parámetros físico-químicos en suelos del municipio Pueblo Llano, estado Mérida. *Bioagro* 23, 115-120.
- WHO (2011). Guidelines for drinking-water quality. 4a ed. World Health Organization. Ginebra, Suiza.
- WHO (2013). World Health Organization. [En línea] Disponible en: [http://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/pesticides/en/index.html](http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/pesticides/en/index.html) [Último acceso: 20 abril 2013].
- Zamora F., Torres D., Rodríguez N. y Zamora F. (2009). Impacto del uso de plaguicidas sobre los niveles de colinesterasa total en sangre en productores agrícolas del asentamiento campesino Santa Teresa, Municipio Miranda del estado Falcon, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 35, 56-61.
- Zyaklin Y. y Ripanti F. (2008). Evaluación diagnostica preliminar de tipos de control y uso de plaguicidas en los municipios Miranda y Pueblo Llano, estado Mérida. *Agricult. Andina* 14, 59-83.