



# Escurrimiento de Plaguicidas al Mar Caribe Nicaragüense - Establecimiento de un Sistema de Monitoreo Ambiental

*Jorge Cuadra y Katherine Vammen*

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Apdo. Postal 4598, Managua, [jorge.cuadra@cira-unan.edu.ni](mailto:jorge.cuadra@cira-unan.edu.ni)

*Recepcionado: 17 Noviembre 2009 / Aceptado: 20 Enero 2010*

## Resumen

Nicaragua ha basado su economía en una estructura de agro exportación principalmente de materias primas. Desde el auge algodonnero experimentado en décadas pasadas hasta la actualidad, en el país ha persistido una cultura de aplicación de grandes cantidades de plaguicidas con diferentes niveles de toxicidad y persistencia, que se escurren a través de la cuenca de drenaje contaminando recursos hídricos superficiales, subterráneos y zonas costeras del Caribe y Pacífico Nicaragüense. Existe escasa información sobre la dinámica de estos contaminantes en los ecosistemas de la costa Caribe, por lo que se estableció un programa de monitoreo costero cuyo objetivo es evaluar el escurrimiento de plaguicidas y generar información ambiental que ayude a determinar sus fuentes, causas y promover prácticas agrícolas adecuadas que den como resultado la reducción del escurrimiento hacia el Mar Caribe. Un primer estudio para el establecimiento de la línea base, se realizó en tres cuencas hidrográficas y zonas costeras del Caribe Nicaragüense, donde se analizaron residuos de plaguicidas persistentes utilizados en el pasado y de uso actual o reciente, incluyéndose en una segunda fase sitios de muestreo en zonas marinas. La determinación de residuos de plaguicidas se realizó, desarrollando innovadoras técnicas de análisis por cromatografía de gases con detectores de captura electrónica, termoiónico específico y espectrometría de masas. Se estableció un sistema de monitoreo que genera información sobre el grado de contaminación en las cuencas hidrográficas, zonas costeras y marinas, que aporta al desarrollo de estrategias adecuadas dirigidas a reducir el escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe Nicaragüense.

**Palabras claves:** Escurrimiento, Mar Caribe, Monitoreo, Nicaragua, Plaguicidas.

## Abstract

Nicaragua's economy has long been based on a structure of agro-exportation mainly of raw materials. Since the cotton boom of the last decades until now, there has persisted in the country a culture of application of considerable amount of pesticides with different characteristics of toxicity and persistence, which are released to the drainage basins in runoff to surface and ground water resources and coastal zones of the Caribbean and Pacific coasts. There is scarce information in Nicaragua about the dynamics of these contaminants in the ecosystems of the Caribbean coast. For this reason a coastal monitoring program has been established with the



main goals to evaluate the pesticide runoff and to generate environmental information that help to determine sources, causes and promote suitable agricultural practices that may result in a reduction of agricultural pesticide runoff to the Caribbean Sea. A first study for the establishment of the baseline was carried out in three hydrographic basins and coastal zones of the Nicaraguan Caribbean Coast, in which pesticide residues of persistence (legacy) and modern pesticides were analyzed and in a second phase in marine zones. The determination

of pesticides residues was achieved by means of innovative analytical techniques based on gas chromatography with detectors of electron capture, thermo-ionic specific and mass spectrometry. A monitoring system was established that generates information about the degree of contamination in the selected hydrographic basins, coastal and marine zones, which contribute to the development of suitable strategies directed to reduce pesticides runoff to the Nicaraguan-Caribbean Sea.

## Introducción

Nicaragua, ubicada geográficamente en el centro del istmo Centroamericano, es una nación con abundantes recursos hídricos superficiales y subterráneos. Cuenta con 21 cuencas hidrográficas distribuidas por todo el territorio nacional, 13 de estas drenan al Mar Caribe cubriendo un área de 117,420.23 km<sup>2</sup>, lo que representa un 90.6% del área total de las cuencas hidrográficas del país (INETER).

Con una economía dependiente de la agricultura y basada históricamente en la exportación de materias primas agrícolas, al país se han introducido grandes cantidades de diversos tipos de plaguicidas con diferentes niveles de toxicidad y persistencia como alternativa para el control de plagas. Residuos de estos contaminantes han sido transportados principalmente por escorrentía a través de la cuenca de drenaje, contaminando los recursos hídricos superficiales, subterráneos, zonas costeras y marinas tanto del pacífico como del Caribe Nicaragüense.

Investigaciones realizadas por el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua CIRA/UNAN, muestran la presencia de residuos de insecticidas organoclorados, organofosforados, carbamatos y herbicidas triazinas en ríos, acuíferos y áreas costeras de la zona del Pacífico de Nicaragua.

El diagnóstico sobre las condiciones ambientales de seis comunidades del municipio de Posoltega en Chinandega, realizado por el CIRA/UNAN en el año 2000, se reportaron en muestras de agua los insecticidas: dieldrín, p,p'-DDE, fentión, etilparatión, metomil y carbaryl, así como los herbicidas cianazina, atrazina y propazina. En suelo se detectaron el dieldrín, p,p'-DDE, DDT, cianazina, atrazina y propazina (Cuadra et al., 1999).

Montenegro y Jiménez (2007) evaluaron la presencia y concentración de plaguicidas en el agua de 15 pozos utilizados para consumo humano, en localidades donde antiguamente predominaban plantaciones bananeras en el occidente de Nicaragua, encontrando



presencia de dibromocloropropano en todos los pozos muestreados y residuos de hexaclorobenceno, dieldrín y metabolitos del DDT en la mayoría de ellos.

Estudios realizados por Carvalho et al. (2002) en el sistema lagunar costero del pacífico del país, muestran una amplia contaminación por los plaguicidas organofosforados: diclorvos, diazinón y clorpirifos en el agua, por plaguicidas organoclorados como el toxafeno, DDT total y Aroclor 1254 en el material suspendido y en los sedimentos, por el toxafeno, DDTs, así como la presencia en bajas concentraciones de clorpirifos, hexaclorociclohexanos, clordano y otros residuos.

Monitoreos ejecutados en los últimos años en la cuenca del Río San Juan, han determinado con mucha frecuencia la presencia de plaguicidas organoclorados como el p,p'-DDE, lindano, p,p'-DDT y endosulfano II en las muestras de agua, así como el dieldrín, p,p'-DDE y lindano en las partículas en suspensión. Estos estudios concluyen que la presencia de estos contaminantes se debe a la actividad agrícola desarrollada en la cuenca y a la persistencia de estos compuestos en el ambiente, lo cual les permite ser transportados a los cuerpos de agua (PROCUENCA SAN JUAN, 2004).

Muy pocos estudios sobre la dinámica y el efecto de los plaguicidas en los diferentes componentes ambientales como el agua, sedimento y biota de las cuencas hidrográficas, lagunas costeras y zonas marinas han sido desarrollados en la zona del Caribe Nicaragüense. Por otro lado, el rápido avance de la frontera agrícola hacia la Costa Caribe, la deforestación acelerada que ocasiona la erosión de los suelos y el uso intensivo de plaguicidas en la agricultura, ha generado una creciente preocupación relacionada con la contaminación de los ecosistemas y el escurrimiento de estos contaminantes tóxicos a ríos, lagunas costeras y bancos de pesca situados en las aguas del Mar Caribe Nicaragüense.

Considerando esta problemática se ha identificado como de urgente necesidad la implementación de un programa de monitoreo de plaguicidas, que genere información ambiental sobre el grado de contaminación y ayude a determinar sus fuentes, causas y a desarrollar estrategias adecuadas dirigidas a reducir el escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe.

En este contexto y en el marco del proyecto regional “Reduciendo el Ecurrimiento de Plaguicidas al Mar Caribe - REPCar”, que contó con el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial – GEF, la coordinación a nivel regional por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y bajo la coordinación a nivel nacional del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Nicaragua, el CIRA/UNAN ejecutó un programa de monitoreo costero en tres cuencas hidrográficas, zonas costeras y marinas de la Costa Caribe Nicaragüense con el objetivo de evaluar el escurrimiento de plaguicidas y generar información ambiental que ayude a determinar sus fuentes, causas y promover prácticas agrícolas adecuadas que den como resultado la reducción del escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe (REPCar, 2009).

Para ello, el CIRA/UNAN garantizó el funcionamiento de la estructura de planificación, coordinación y dirección del Programa de Monitoreo Costero en Nicaragua; se aumentó la capacidad técnica y analítica del laboratorio de contaminantes orgánicos; se monitoreó y evaluó en tres cuencas hidrográficas, zonas costeras y marinas la presencia y niveles de concentración de plaguicidas de uso actual o reciente y de aquellos usados en el pasado.

## Materiales y Métodos

El monitoreo de plaguicidas se realizó en las matrices: agua, sedimentos superficiales, partículas en suspensión y biota. Se analizaron los siguientes grupos de plaguicidas:

Fungicidas aromáticos: Clorotalonil, Imazalil, Metolaclo, Propiconazole y Triadimenol.

Herbicidas triazinas: Ametrina, Atraton, Atrazina, Cianazina, Prometon, Prometrina, Propazina, Sebumeton, Simetrina, Simazina, Terbutilazina y Terbutrina.

Insecticidas carbamatos: Aldicarb, Aldicarb sulfón, Bendiocarb, Carbaryl, Carbofurán, Carbosulfan, Metiocarb, Metomil, Oxamil y Propoxur

Insecticidas organofosforados: Clorpirifos, Corral (Coumaphos), DEF (Tribufos), Diazinon, Etil paratión, Etión, Fenamifos, Fentió, Forate, Gutió (Azinfos-metil), Malatión, Metamidofos, Metil paratión, Mocap (Prophos), Terbufos y Zolone (Phosalone)

Insecticidas piretroides: Permetrina (Cis, Trans), Cipermetrina y Deltametrina

Uracil herbicidas: Bromacil

Urea herbicidas: Diuron

Insecticidas organoclorados: Aldrin, Alpha-clordano, Dieldrín, 4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT, Endosulfan I, Endosulfan II, Endosulfan sulfato, Endrin, Endrin aldehído, Endrin cetona, Alpha-HCH, Beta-HCH, Delta-HCH, Gamma-clordano, Gamma-HCH (Lindano), Heptaclo, Heptaclo epóxido y Metoxiclo

La determinación cualitativa y cuantitativa de los diferentes grupos de plaguicidas, se realizó utilizando cromatógrafos de gases, marca VARIAN, equipados con columnas capilares DB5 y DB1701, detectores de captura electrónica (ECD Ni<sup>63</sup>), termoiónico específico (TSD) y espectrometría de masas GC/MS para la confirmación de los analitos.

Se ejecutaron cuatro campañas de muestreo en las dos estaciones del año (invierno y verano). En la Región Autónoma del Atlántico Norte se monitoreo la Cuenca N° 45 (Cuenca del Río Coco) ubicándose cuatro sitios de muestreo (Figura 1), y en la Región Autónoma del Atlántico Sur se monitorearon las cuencas hidrográficas N° 61 y N° 63 (Cuenca del Río Escondido y entre el Río Escondido y Punta Gorda), en las que se seleccionaron ocho sitios. (Figura 2)



Figura 1

Ubicación de sitios de muestreo en la cuenca N° 45



Figura 2

Ubicación de sitios de muestreo en las cuencas N° 61 y N° 63

## Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos del primer estudio de monitoreo y evaluación del escurrimiento de plaguicidas en las tres cuencas hidrográficas y zonas costeras estudiadas, han permitido determinar la presencia y niveles de concentración de algunos compuestos de los grupos analizados y generar la información necesaria para el establecimiento de la línea base del escurrimiento de plaguicidas al Caribe Nicaragüense. En una segunda fase se incluyeron sitios de muestreo en zonas marinas, completando de esta manera el sistema de evaluación para la implementación de un monitoreo permanente en las cuencas hidrográficas, zonas costeras y marinas del Caribe Nicaragüense.

Los resultados del monitoreo y evaluación del escurrimiento de plaguicidas de uso actual o reciente y de aquellos persistentes utilizados en décadas pasadas, serán publicados y divulgados por el proyecto regional “Reduciendo el Escurrimiento de Plaguicidas al Mar Caribe - REPCar” y por los medios de divulgación científica de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua y del CIRA/UNAN.

El proyecto REPCar, ha contribuido al establecimiento de un sistema de monitoreo de plaguicidas mediante el desarrollo y aumento de la capacidad técnica y analítica del laboratorio de contaminantes orgánicos del CIRA/UNAN, en la determinación de la presencia y niveles de concentración de plaguicidas de uso actual, reciente y de aquellos usados en el pasado y en la realización de un sistema de monitoreo en tres cuencas hidrográficas, zonas costeras y marinas del Caribe Nicaragüense, aportando al desarrollo de estrategias adecuadas dirigidas a reducir el escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe. Esta capacidad analítica y de monitoreo puede ser aprovechada a nivel nacional para darle seguimiento a la contaminación por plaguicidas en todas las cuencas hidrográficas del país.

## Agradecimientos

Se agradece al Proyecto “Reduciendo el Escurrimiento de Plaguicidas al Mar Caribe - REPCar” financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial – GEF, bajo la coordinación a nivel regional del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Nicaragua (MARENA) coordinador a nivel nacional del proyecto, por su apoyo en la planificación y organización del programa de monitoreo en Nicaragua.



## Bibliografía

Cuadra J., Cruz A., Delgado V., Lacayo M., López A., Medrano E. 1999. *Diagnostico de la Calidad Toxicológica de las Aguas y Suelos del Municipio de Posoltega. Proyección y Efectos Potenciales en la Salud y el Medio Ambiente. Componente Plaguicidas*, 8-20. Octubre 1999. CIRA/UNAN. Reporte a la Organización Internacional para la Migración.

Fernando P.Carvalho, Jean-Pierre Villeneuve, Chantal Cattini, Inmaculada Tolosa, S. Montenegro-Guillen, Martha Lacayo and Adela Cruz. 2002. Ecological risk assessment of pesticide residues in coastal lagoons of Nicaragua. *The Royal Society of Chemistry, J. Environ. Monit.* 4, 778-787.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). Dirección Recursos Hídricos. <http://www.ineter.gob.ni>

Montenegro Guillen, S & Jiménez García, M. 2007. *Presencia y Concentración de Residuos de Plaguicidas y Contaminantes Biológicos en el Agua de Pozos para Consumo Humano en Localidades de Antiguas Plantaciones Bananeras en el Occidente de Nicaragua*. Proyecto CNU. Informe Final. 1.

PROCUENCA SAN JUAN. 2004. *Formulación de un programa de acciones estratégicas para la gestión integrada de los recursos hídricos y el desarrollo sostenible de la Cuenca del Río San Juan y su zona costera*. 49-54

REPCar. 2009. <http://cep.unep.org/repcar>. Plan de acción - Monitoreo del escurrimiento de plaguicidas al Caribe Nicaragüense., Proyecto GEF-REPCar - Reduciendo el escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe.