

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2012

PROBLEMÁTICA Y RIESGO AMBIENTAL POR EL USO DE PLAGUICIDAS EN SINALOA

Cipriano García-Gutiérrez y Guadalupe Durga Rodríguez-Meza
Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 1-10.



e-revist@s

PROBLEMÁTICA Y RIESGO AMBIENTAL POR EL USO DE PLAGUICIDAS EN SINALOA

ENVIRONMENTAL PROBLEMS AND RISK FOR THE USE OF PESTICIDES IN SINALOA

Cipriano **García-Gutiérrez** y Guadalupe Durga **Rodríguez-Meza**

Profesor Investigador. CIIDIR COFAA-IPN Unidad Sinaloa. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes 250. Guasave, Sinaloa, México. C. P. 81101. cgarciag@ipn.mx; garciaciprian@hotmail.com.

RESUMEN

En Sinaloa la producción de granos y hortalizas es una de las más importantes en México; no obstante, la actividad agrícola se sustenta en el uso de un alto volumen de plaguicidas químicos, los cuales han tenido impacto negativo en el ambiente. El presente trabajo presenta una revisión sobre las principales causas y efectos de la desmedida aplicación de plaguicidas en los principales cultivos sembrados, lo que repercute en la posibilidad de aumentar el riesgo de contaminación de los suelos, sistemas lagunares y mantos freáticos. Se señalan también algunas alternativas y reglamentación para la aplicación de los plaguicidas químicos y para el manejo de los envases y residuos de estos productos, así como la implementación de la agricultura orgánica y el uso de bioplaguicidas para el control de plagas y enfermedades. La información refleja una alta cantidad de sustancias tóxicas provenientes de la actividad agrícola al ambiente, por lo que el riesgo de que los residuos plaguicidas contaminen al suelo, sistemas lagunares y mantos acuíferos es también alta, por esta razón es oportuno realizar trabajos de investigación, acciones y aplicación de las normas regulatorias más exigentes a fin de bajar los aportes de estas sustancias en el ambiente.

Palabras clave: Plaguicidas, Sinaloa, bioplaguicidas, riesgo ambiental.

SUMMARY

In Sinaloa the production of grains and vegetables is one of the most important in Mexico; however, farming activities is supported on the use of high volume of chemical pesticides, which has been negative environment impact. This paper present a review of the main causes and effects of the excessive application of pesticides in major field crops, which result in the possibility of increase the risk of environment pollution in the soil, groundwater, and lagoons system. Also are present alternatives and regulation issues for the application, management and waste of chemical pesticides, as well as the implementation of organic agriculture and use of biopesticides for the control of pests and diseases. The information reflected a high quantity of toxic substances from agriculture activities to the environment, so that the risk of pesticide residues to cause contamination in ground, systems lagoons and ground water is too high, for this reason is a just moment to conduct research, actions and implementation of more stringent regulatory issues in order to low the intake of these substances to the environment.

Key words: Pesticides, Sinaloa, biopesticides, environmental risk.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la producción de plaguicidas orgánicos sintéticos aumento desde los inicios del siglo XX, debido al desarrollo de la industria petrolera. No obstante, la producción y uso de estos compuestos, así como de lubricantes, solventes, gasolinas u otros, han aumentado la carga de estas sustancias en la atmósfera, hidrósfera, suelos y sedimentos, lo que ha provocado episodios críticos de contaminación en el ambiente (Galán-Huertos *et al.*, 2003). El uso agrícola de plaguicidas es un subconjunto del espectro más amplio de productos químicos industriales utilizados en la sociedad moderna. Según la base de datos de la American Chemical Society, en 1993 se habían identificado más de 13 millones de productos químicos, a los que se suman cada año unos 500,000 nuevos compuestos (Ongley, 1997).

En México la superficie agrícola cultivada en los últimos 20 años, es de 20 millones de hectáreas, de las que el mayor uso es en el sistema de temporal, después se redujo a 15.5 mill. de ha, mientras que la agricultura de riego se ha mantenido durante este periodo en 5; en total, esto corresponde al 75% de la superficie sembrada en el país (Fig. 1). La problemática para los cultivos de granos y hortalizas han sido los diferentes tipos de enfermedades, plagas y malezas, que perjudican desde la semilla, a la planta y los frutos, los cuales han podido contrarrestarse con la aplicación de los plaguicidas.

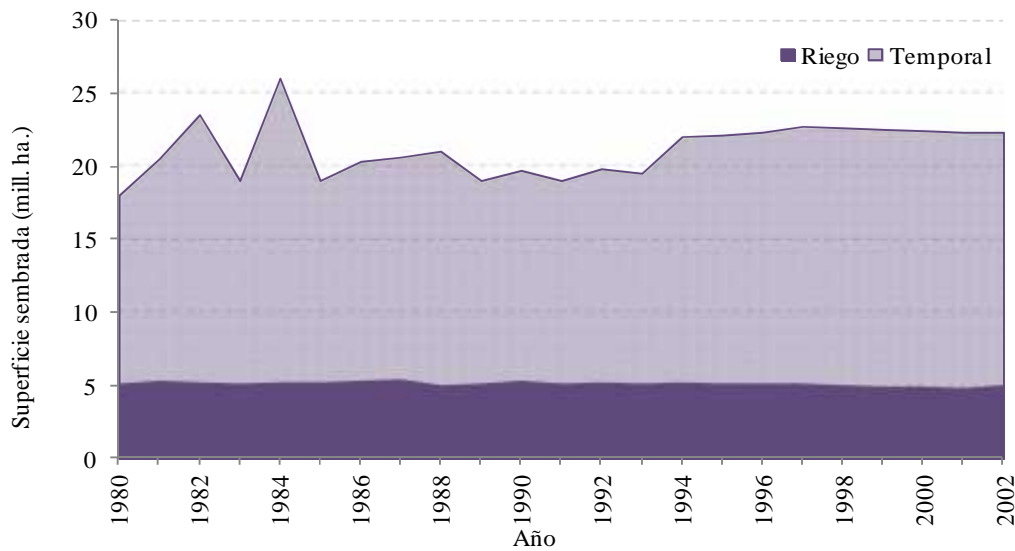


Figura 1. Superficie agrícola sembrada en México durante 1980 a 2002 (tomado de SEMARNAT, 2005).

Los plaguicidas son sustancias o mezcla de sustancias que se usan de manera intensiva para controlar plagas agrícolas e insectos vectores de enfermedades en humanos y en los animales, así como, para el control de insectos y ácaros que afectan la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y alimento para animales (FAO, 2003). Sin embargo, se reconoce que son sustancias químicamente complejas, que una vez aplicadas en el ambiente, están sujetas a una serie de transformaciones a nivel físico, químico y biológico (fenómenos de adsorción y absorción sobre suelos y plantas, volatilización, fotólisis y degradación química o microbiana). Además que también pueden ser arrastrados por las corrientes de aire y agua que permiten su transporte a grandes distancias; hay que añadir que los residuos volátiles pasan a la atmósfera y regresan con la lluvia a otros lugares (López-Geta *et al.*, 1992). Estas transformaciones pueden conducir a la generación de fracciones o a la degradación total de los compuestos que en sus diversas formas pueden llegar a afectar en los diferentes niveles de un ecosistema (Garrido *et al.*, 1998).

Los plaguicidas, metales pesados y otras impurezas, son considerados por la Agencia de Protección al Ambiente (EPA, 1992) como contaminantes de acuíferos debido a su alta toxicidad, persistencia y movilidad, además de que afectan a importantes cargas hidráulicas, como lagunas y canales de irrigación; y por sus propiedades fisicoquímicas, son resistentes a la degradación biológica (Hirata, 2002).

En la actualidad, uno de los mayores problemas es el uso indiscriminado y sin control de estos compuestos, tan solo en 1992 la producción mundial de plaguicidas se estimó en 10 mill. de ton. (López-Geta *et al.*, 1992); de estas más del 80% se emplearon en Europa y Estados Unidos. Hasta mediados del siglo pasado se utilizaron cerca de 40 compuestos de tipo botánico o inorgánico, entre éstos, arseniato de plomo, aceto-arseniato de cobre y una mezcla de sulfato de cobre y cal conocida como Caldo Bordelés (Albert, 2005). Sin embargo, en la actualidad hay desconocimiento de la cantidad y tipos de plaguicidas (ingredientes activos) que se aplican en los campos; así mismo, el escaso control de los desechos que constantemente se ven expuestos a los factores del medio y que en ocasiones son reutilizados nuevamente.

Agricultura en México

La actividad agrícola es una fuente de contaminación importante, desde la introducción del DDT en 1950 y el uso posterior de otros productos como toxafeno, endrín y organoclorados (aldrín, dieldrín y heptacloro) (Albert, 1996). A inicios de los 70'se sumaron a la lista el paratión etílico, paratión metílico y malatión. La aplicación de la mayoría de los organoclorados fue prohibido en 1988, aunque en 1992 aún se permitía el uso de clordano, metoxicloro, endosulfan, pentaclorofenol, dicofol y clorotalonil; algunos de ellos aún registrados para uso restringido (CICOPLAFEST, 1994; 1998). Lo anterior, ha generado que se empleen otros productos con menor persistencia pero con mayor toxicidad denominados plaguicidas organofosforados, entre los cuales se puede mencionar el paratión metílico, malatión, banzate y clorpirifos. Datos de 1992 a 2002 muestran un incremento en el consumo de plaguicidas por hectárea, cuyo registro máximo es de 1.8 ton. por mil hectáreas entre 1999 y 2002, mientras que el mínimo fue 1.3 ton. por mil hectáreas durante 1992 y 1995 (SEMARNAT, 2005) (Fig. 2).

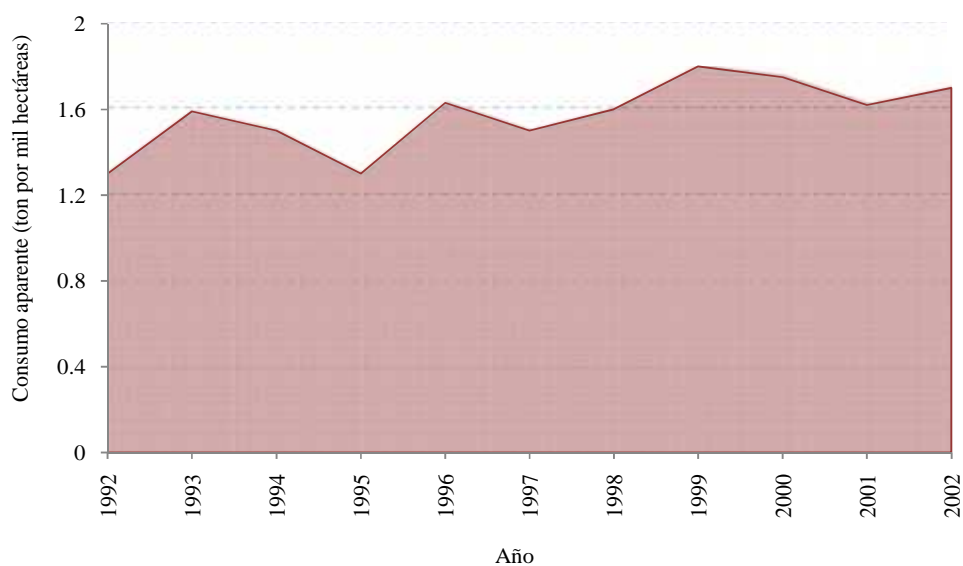


Figura 2. Consumo aparente de plaguicidas en México durante 1992 y 2002 (tomado de SEMARNAT, 2005).

En México se calcula que existen alrededor de 900 plaguicidas y los cultivos en los que se usa el mayor volumen de insecticidas químicos son: maíz, algodón, papa, chile, tomate, frijol, trigo, aguacate, café y tabaco, en cantidades que van desde 395 hasta 13,163 ton de plaguicidas al año (AMIPFAC, 1995), mientras que los estados con mayor uso de plaguicidas son Sinaloa, Veracruz, Jalisco-Nayarit-Colima, Sonora-Baja California, Tamaulipas, Michoacán, Tabasco, Estado de México, Puebla y Oaxaca, con el 80% de los plaguicidas totales (Albert, 2005). Se emplean 260 marcas de productos químicos de las cuales 24 están prohibidas y 13 restringidas, siendo las principales causas de intoxicación debido a las deficientes medidas de control y previsión (CICLOPLAFEST, 2008).

La información disponible en cuanto al volumen y tipos de pesticidas aplicados anualmente en los campos agrícolas y el grado de contaminación orgánica con productos tóxicos en los cuerpos de agua es prácticamente inexistente. Hasta el año 2008, los estados con mayor producción agrícola a nivel nacional fueron Guanajuato, Sinaloa, Tamaulipas, Zacatecas y otros (SAGARPA, 2008), en donde destaca el uso intensivo de los agroquímicos. Al respecto, Cortinas de Nava (2007) señala que las zonas con mayor uso de plaguicidas en la agricultura o con fines sanitarios durante el 2000, fueron: Sinaloa, Chiapas, Veracruz, Jalisco, Nayarit, Colima, Sonora-Baja California y Tamaulipas. Estos Estados representaron alrededor del 70% del consumo de los plaguicidas.

En el Estado de Sinaloa, la aplicación de estos compuestos ha sido una de las principales fuentes de contaminación ambiental, generando varios casos de intoxicación y otros problemas de salud pública (Karam-Quiñones, 2002). Sobre esto, Albert (2005) menciona un mayor uso de los herbicidas (paraquat, glifosato), seguidos de insecticidas (organofosforados: paratión metílico, metamidofos, malatión) y fungicidas (mancozeb y clorotalonil) (Fig. 3).



Figura 3. Envases de agroquímicos en un campo agrícola y canal de riego en Guasave, Sinaloa.

Caso Sinaloa “corazón agrícola”

Sinaloa conocido a nivel nacional como el “corazón agrícola de México”, es productor de granos y hortalizas para consumo nacional y para exportación, favorecido por un clima tropical que permite el cultivo de 1’245,638 ha., de las cuales el 40% son de riego, 50% de temporal y un 10% de riego y temporal (Fig. 4) (Karam-Quiñones, 2002). Hay que añadir la presencia de 11 cuencas hidrológicas que permiten la irrigación de los campos por diferentes métodos. En esta zona agrícola se siembran 50 cultivos diferentes; no obstante, por su extensión son 8 los cultivos de importancia económica y social. En granos básicos destacan: maíz, frijol, y trigo; y en alimenticios los cultivos hortícolas, principalmente tomate, chile y pepino (INIFAP, 2000). El Cuadro 1 muestra los datos de superficie sembrados en Sinaloa durante 2009 y 2010 que presenta el Consejo para el Desarrollo Económico de Sinaloa (CODESIN, 2011).

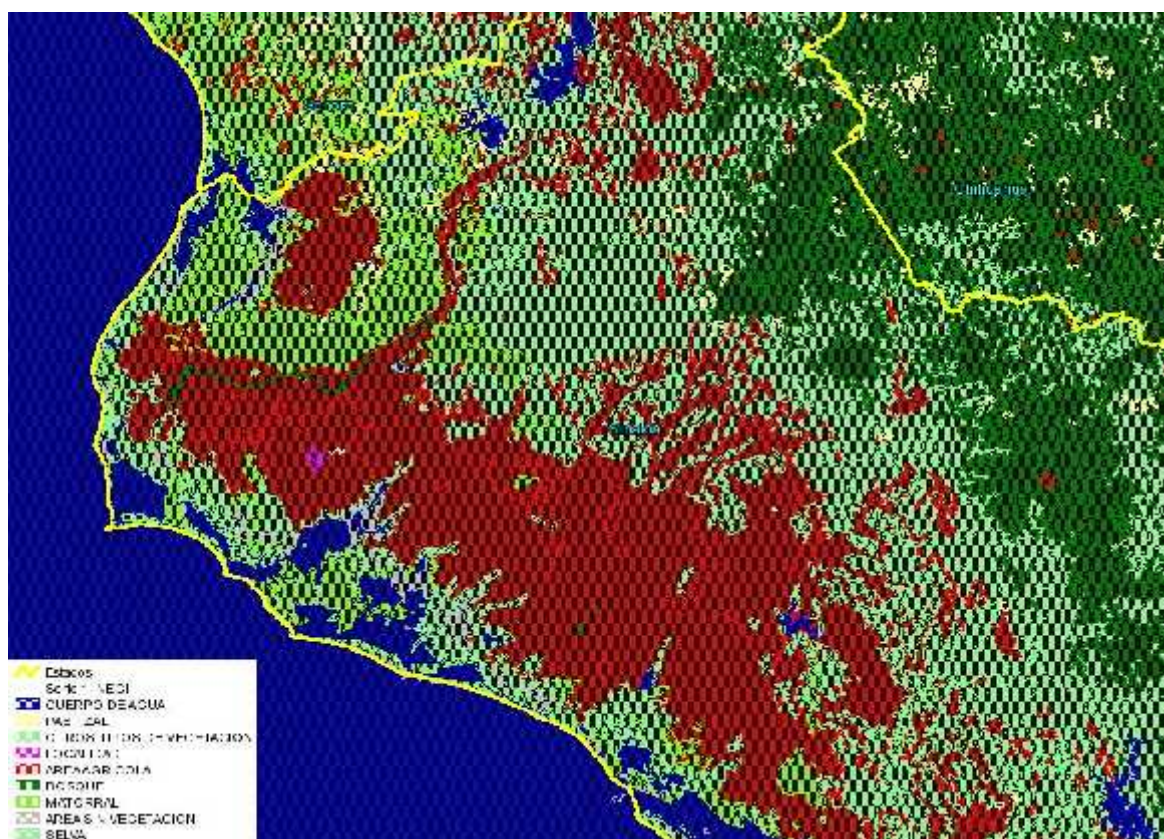


Figura 4. Uso de suelo y tipos de vegetación que caracterizan la porción Norte del Estado de Sinaloa (CONAFOR, 2006).

Cuadro 1. Superficie sembrada en Sinaloa en 2009 y 2010.

Producto	2009	2010	% de Distribución 2010
Total estatal	1,305,332	1,233,505	100
Hortalizas	71,844	75,407	6.11
Granos	894,304	840,042	68.10
Oleaginosas	154,360	191,316	15.51
Caña de azúcar	28,864	24,424	1.98
Frutas 1/	37,064	34,835	2.82
Otros cultivos 2/	120,896	67,480	5.47

1/ En otras frutas se agrupa: durazno, fresa, guayaba, mandarina, nanche, tamarindo y toronja.

2/ En otros cultivos se agrupa: agave, aguacate, alfalfa verde, cebolla semilla, eucalipto.

Datos SAGARPA (Tomado de CODESIN, 2011).

El cultivo de granos y/o hortalizas en cada temporada ha generado que en ciertos suelos se presente un uso excesivo (monocultivos, sobrecultivos y pastoreo) o subutilizados (Orozco-Abundis, 2006), que generan el abatimiento de su fertilidad, la salinización y el agotamiento de los mantos acuíferos en las áreas de riego, la contaminación a partir de los fertilizantes y plaguicidas químicos que se utilizan, la disminución de la diversidad genética de las especies que se cultivan, el aumento de plagas y enfermedades y el uso cada vez de mayores insumos.

A pesar de la gran cantidad de agroquímicos que se emplean constantemente, es poco lo que se conoce sobre su toxicidad en los organismos, incluyendo al ser humano, así como el impacto ambiental global. A este respecto, los suelos que son la fuente generadora de los alimentos a nivel mundial, son vulnerables a los procesos de degradación, desertificación y su efecto en los ecosistemas que sustentan. Entre los riesgos que se generan está la pérdida de la fertilidad del suelo, a partir, del daño en el humus y de los nutrientes que los hacen productivo, como es el

fósforo, nitrógeno, potasio y otras (Orozco-Abundis, 2006). Por otro lado, las partículas inorgánicas que integran el suelo permiten la acumulación y dispersión de los plaguicidas, no solo en los campos agrícolas sino también en los medios acuáticos y los organismos, los cuales dependerán de la persistencia y degradación de los compuestos (SEMARNAT, 2005). Al respecto, la FAO (2003) indica que es necesario hacer una reglamentación en el uso y aplicación de estos compuestos, sobre todo tener un registro y llevar a cabo programas de vigilancia sobre la contaminación ambiental, intoxicación y vigilancia de los residuos que generen estos compuestos. En México, se han desarrollado programas para la conservación, uso y aprovechamiento del suelo, pero desafortunadamente, no se presta demasiada atención a sus implicaciones ambientales. En Sinaloa, se reconoce que no hay un registro de las descargas agrícolas y su efecto en las corrientes superficiales y las bahías, además de incluir la contaminación de carácter físico-químico, bacteriológico y de nutrientes (Consejo de cuenca de los ríos Fuerte y Sinaloa, 2005). Datos del ciclo agrícola 1997-1998, muestran la cantidad de agroquímicos que se emplearon en la región (Cuadro 2), periodo en el cual se sembraron 848,700 ha, de las cuales 704,000 ha fueron granos, 31,000 oleaginosas, 80,000 hortalizas, 24,700 cultivos industriales y 7,000 ha fueron cultivos diversos (Karam-Quiñones, 2002).

Cuadro 2. Consumo de plaguicidas en Sinaloa (Karam-Quiñones, 2002).

Cultivo	Superficie (ha)	Consumo de plaguicida (kg ha⁻¹)	Total
Granos	704,000	3.5	2 464 000
Oleaginosas	31,000	5.5	170 500
Hortalizas	80,000	35.0	2 800 000
Cultivos industriales	--	7.5	172 500
Otros cultivos	7000	3.0	21 000

Endréu (2011) señala que la cantidad de plaguicidas que se emplea en Costa Rica es de 51.2 kg ha⁻¹ cultivable, país de mayor consumo de estos agroquímicos, en Colombia y Ecuador son 16.7 kg ha⁻¹ y 6.0 kg ha⁻¹, respectivamente. Por otro lado, durante el 2000 al 2005 en México se observó un incremento en el volumen de producción de plaguicidas (herbicidas y defoliantes), así como de insecticidas que se emplean primordialmente en los campos (INEGI, 2006).

Al conocer los problemas a la salud y el ambiente por estas sustancias, en México fue creada la comisión intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas (CICOPLAFEST), ahora COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios). Sin embargo, se reconoce el uso indiscriminado de estos compuestos, ya que constituyen una amenaza para la salud y al ambiente (Cortinas de Nava, 2007). Datos de INEGI (2009) indican que la tecnología aplicada en la superficie agrícola se basa en la fertilización, uso de herbicidas e insecticidas químicos, mientras que los abonos naturales se aplican en menor cantidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Unidades de producción con superficie agrícola por tipo de tecnología aplicada. Año censal 2007.

Tecnología aplicada	Unidades de producción con superficie agrícola
Total	40187
Fertilizantes químicos	32201
Semilla mejorada	27052
Abonos naturales	2427
Herbicidas	19961
Químicos	19248
Orgánicos	1735
Insecticidas	20750
Químicos	20596
Orgánicos	551
Quema controlada	2298
Otro tipo de tecnología	67

Datos de INEGI (2009).

Impacto en el ambiente

Desafortunadamente, los sistemas acuáticos terrestres y marinos son los más amenazados por el aporte de sustancias contaminantes como plaguicidas, fertilizantes, metales pesados, organismos patógenos y otros, a través del incremento de actividades antropogénicas en las áreas adyacentes que alteran las condiciones naturales de los ecosistemas, incluyendo al ser humano. La importancia de los cuerpos de agua, sitios biológicos activos, radica en la diversidad biológica y los procesos biogeoquímicos que se realizan, además de que en Sinaloa algunos de estos están reconocidos como sitios RAMSAR por incluir especies protegidas de flora y fauna endémicas y migratorias. A pesar de la relevancia de estos al ambiente, en los sedimentos de la Laguna Santa María se reporta la presencia de 14 plaguicidas y moléculas de heptacloro epóxido, p,p-DDE, endrín y aldrín, cuyos contenidos son menores a otros sistemas costeros de la región, a excepción del heptacloro epóxido que sobrepasó el límite máximo recomendado en la Norma Ambiental FAO/WHO (Díaz-Arredondo, 1998). En peces de interés comercial, como *Lutjanus colorado* y *Mugil curema* (Reyes-Montiel, 2011), se encontraron estos compuestos por el proceso de bioacumulación, considerando que las zonas de distribución son afectadas por diferentes contaminantes que se relacionan a la presencia de drenes agrícolas, canales de riego, forma de riego, aplicación de los plaguicidas y mal manejo de los desechos (envases u contenedores), entre otros. Hay que añadir los lixiviados de los campos agrícolas que pueden llegar a los mantos freáticos producto de la aplicación en exceso de los agroquímicos (Garrido *et al.*, 1998).

Manejo de residuos plaguicidas

El manejo de los envases vacíos es un serio problema que deriva de la agricultura y representa alto riesgo ambiental y de salud, debido que según Albert (2005) se generan 7 mil toneladas anuales de residuos, de las cuales la mayoría quedan dispersos en los campos; la distribución de los plaguicidas no se limita únicamente a los cuerpos de agua y su bioacumulación en la biota presente, sino a productos de consumo humano. Izquierdo *et al.* (2004) encontraron plaguicidas organoclorados (POC) en formulas infantiles, elaboradas a partir de leche en polvo, aceites vegetales o mezcla de estos, siendo el más detectado endrín y en menor concentración DDT y BHC. Terrones *et al.* (2000) reportó la presencia de hasta 6 POC en la leche materna, suero materno y el cordón umbilical. Los plaguicidas identificados fueron DDT (suma de p,p-DDT y de

su principal metabolito p,p-DDE), el metoxicloro, los BHC se detectaron los isómeros beta y gama (lindano).

Este problema se agudiza como resultado de la falta de un registro y manejo de estos compuestos, además de una reglamentación en el control de los desechos. En Sinaloa y otros estados a nivel nacional, esto representa un conflicto ambiental que implica la búsqueda y recopilación de información de los tipos y cantidades de plaguicidas que se aplican en la región, conocer los procesos de transporte, degradación, biomonitoreo (bioacumulación, biomagnificación), entre otros; con la finalidad de establecer planes y programas en el manejo de estas sustancias, e implementar nuevas alternativas amigables (bioinsecticidas y biofertilizantes) con el ambiente que beneficien en igual o mayor manera su uso, tanto en los campos agrícolas como en los hogares.

Alternativas para evitar contaminación en campos agrícolas

Agricultura ecológica. Es un sistema de producción agrícola sostenible que se emplea en Europa y que se concibe como una alternativa viable al enfoque tradicional de la agricultura, seguridad alimentaria y los problemas ambientales (Orozco-Abundis, 2006).

Control biológico y uso de bioinsecticidas. En Sinaloa las principales hortalizas que se producen son: papa tomate *Lycopersicon esculentum* (Mill.), papa *Solanum tuberosum* (L.), chile *Capsicum annum* (L.) y tomatillo *Physalis ixocarpa* Brot., cultivos que cada año se ven afectados por insectos plaga entre los que destacan: mosquita blanca *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Hemiptera: Aleyrodidae), *Bactericera cockerelli* Sulc. (Homoptera: Psyllidae), *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera: Agromyzidae), *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae), *Macrosiphum euphorbiae* Thomas (Homoptera: Aphidoidea), *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae), *Circulifer tenellus* Baker (Homoptera: Cicadellidae), *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) entre otros, dependiendo del cultivo (González-Maldonado y García-Gutiérrez, 2011).

Una de las formas de contrarrestar las pérdidas de los productos cultivados es con el uso de enemigos naturales de las plagas, a través de la lucha insecto-insecto o agentes microbiales (virus, bacterias, hongos y nematodos) que causan la muerte a los insectos plaga (control biológico). Para este caso en particular se debe de considerar el sistema cultivo-ambiente-insecto, para ello se ha observado que este método ha demostrado ser efectivo contra plagas de hortalizas de granos y frutales.

Por otro lado, los bioinsecticidas elaborados a base de hongos entomopatógenos (HE) son un ejemplo de nuevas formulaciones de organismos virulentos que solo causan enfermedad y muerte en insectos, se elaboran de acuerdo al insecto blanco por combatir. Durante el proceso se mezcla el ingrediente activo (esporas, blastosporas y micelio) con ciertos materiales inertes (acarreadores, solventes, emulsificantes o gelificantes y otros aditivos) que pueden ser nutrientes o estimulantes que favorecerán a la liberación de pequeñas cantidades del ingrediente activo durante tiempo prolongado, poca degradación a reacciones químicas (fotólisis, oxidaciones), las micro o nano cápsulas se adhieren al follaje y se absorben en diferentes partes del insecto a través de la cutícula y ejerciendo su acción insecticida (García-Gutiérrez, *et al.* 2006; Rosas-García, 2008).

Regulación de plaguicidas a nivel regional

Es necesario considerar el uso y destino de los ingredientes activos, promoción de la agricultura orgánica, impuestos indirectos sobre el uso de los plaguicidas (un impuesto sobre los plaguicidas puede concebirse y aplicarse, de tal manera que reduzca la utilización de plaguicidas sin perturbar ni deteriorar extremadamente la situación económica del sector agrario) para apoyar el saneamiento, certificación de los usuarios de plaguicidas, registro de aplicación de plaguicidas, supervisión de la aplicación (evita el riesgo de aplicación en exceso). Al respecto, el Gobierno de Dinamarca está considerando medidas adicionales como la prohibición del uso de plaguicidas a 10 m de lagos, corrientes de agua, tierras húmedas y zonas de conservación. Además de la prohibición de plaguicidas a menos de cierta distancia, previamente especificada, de huertos privados y

propiedades que tengan terrenos cultivados sin uso de plaguicidas, hay que añadir esta misma prohibición a menos de 10 m de un embalse de agua potable (Ongley, 1997).

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En Sinaloa el uso de plaguicidas químicos sustenta la actividad agrícola, misma que ha generado problemas de contaminación en el suelo, agua, biota y sedimentos, esto a través de las descargas de estas sustancias tóxicas a los sistemas lagunares, vía drenes, riego y lluvia, por lo que esta situación constituye un factor de riesgo de contaminación para los ecosistemas terrestres y marinos. Por el alto volumen de aplicación de plaguicidas en el área agrícola (2, 464 000 ton.) la toxicidad de los compuestos y su persistencia, es necesario apearse a una reglamentación para la aplicación de los productos e ingredientes activos; de manera paralela, es conveniente fomentar y llevar a la práctica esquemas de agricultura orgánica y el uso de biofertilizantes para la nutrición de las plantas y bioinsecticidas para el control de plagas y enfermedades.

Con base en el riesgo ambiental y de salud que tienen los plaguicidas químicos, es necesario desarrollar tecnología para la elaboración de nuevas formulas biodegradables para el control de plagas y enfermedades de la región, las cuales sean favorables a la agricultura y al medio ambiente.

La información presentada en este documento sobre la superficie de cultivos sembrados y tipos de plaguicidas utilizados en Sinaloa, reflejan una alta cantidad de sustancias tóxicas provenientes de la actividad agrícola al ambiente, por lo que el riesgo de que los residuos plaguicidas contaminen al suelo, sistemas lagunares y mantos acuíferos es también alta, por lo que es oportuno derivar trabajos de investigación, acciones y aplicación de las normas regulatorias más exigentes a fin de bajar los aportes de estas sustancias en el ambiente.

LITERATURA CITADA

- Albert, L. A. 1996. **Persistent pesticides in Mexico**. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. 147: 1-4.
- Albert, L. A. 2005. **Panorama de los plaguicidas en México**. Revista de Toxicología. (En línea). Disponible en: <http://www.sertox.com.ar/retel/n08/01.pdf>
- AMIPFAC (Asociación Mexicana de la Industria de plaguicidas y fertilizantes. 1995. **Curso de orientación para el buen uso y manejo de plaguicidas**. Sidaner, J. (Ed.). (En línea). Disponible en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/naturaleza/estadísticaam/informe/acrobat/capitulo3-3-5.pdf
- CICOPLAFEST. 1994. **Catálogo oficial de plaguicidas**. México. 481 p.
- CICOPLAFEST. 1998. **Catálogo oficial de plaguicidas**. México. 454 p.
- CODESIN (Consejo para el Desarrollo Económico de Sinaloa). 2011. **Reporte de la Superficie cultivada, volumen y valor de la producción agrícola en Sinaloa: datos comparativos del año 2010 con respecto al año 2009**. Boletín 55/2011. Culiacán, Sin.
- CONAFOR. 2006. **Mapa de uso de suelo en la porción norte de Sinaloa**. (En línea) Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/biblioteca-forstal>
- Consejo de cuenca de los Ríos Fuerte y Sinaloa. 2005. **Programa de gestión del agua para el saneamiento en las cuencas de los Ríos Fuerte y Sinaloa**. Grupo de Seguimiento y Evaluación. 43 p.
- Cortinas de Nava, C. 2007. **Situación en México de las existencias de plaguicidas sujetos al Convenio de Estocolmo**. INE. México, D.F. 24 p.
- Díaz-Arredondo, M. A. 1998. **Distribución de plaguicidas organoclorados y anélidos poliquetos en los sedimentos superficiales de la Bahía de Santa María, Sinaloa, México**. Tesis de maestría. CICESE. Ensenada, B.C. 185 p.
- Endréu, T. 2011. **Costa Rica: mayor consumidor de plaguicidas por hectárea en el mundo**. Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina. (En línea). Disponible en: http://www.rap-al.org/index.php?seccion=8&f=news_view.php&id=492, consultado marzo 20, 2012.
- FAO. 2003. **Código Internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas**. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 40 p.

- Galán-Huertos, E., J. L. Gómez-Ariza, N. Bellinfante Crocci, P. Aparicio-Fernández. 2003. **Contaminación de suelos por compuestos orgánicos**. Informe final. Sevilla, España. 185 p.
- García Gutiérrez, C., Hernández Velázquez V. M. y M. B. González Maldonado. 2006. **Procesos biotecnológicos de producción de bioplaguicidas: hongos entomopatógenos**. 91-118 pp. En: *Biología Financiera Aplicada a Bioplaguicidas*. Cipriano García Gutiérrez e Hiram Medrano Roldán (Eds).
- Garrido, T., C. Costa, J. Fraile, E. Orejudo, J. Niñerota, A. Ginebreda, L. Olivilla y M. Figueras. 1998. **Análisis de la presencia de plaguicidas en diversos acuíferos de Cataluña. Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente**. Valencia, España. 7 p.
- González Maldonado, M. B. y C. García Gutiérrez. 2011. **Monitoreo de insectos vectores asociados a enfermedades de cultivos de hortalizas en el Norte de Sinaloa**. XLVI Congreso Nacional de Entomología. Riviera Maya Cancún, Quintana Roo. 366-369 pp.
- Hirata, R. 2002. **Carga contaminante y peligros a las aguas subterráneas**. Revista Latino-Americana de Hidrogeología. São Paulo, Brasil. 2: 81-90.
- INEGI. 2006. **El sector alimentario en México**. Serie de estadísticas sectoriales. 296 p.
- INEGI. 2009. **VIII Censo agrícola, ganadero y forestal. Estados Unidos Mexicanos**. Censo Agropecuario 2007. Aguascalientes, Ags. México. 193 p.
- INIFAP. 2000. **Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del campo experimental**. Fundación Produce Sinaloa. Consejo consultivo zona norte. 284 p.
- Izquierdo P., A. M. Torres-Gabriel, A. García y M. Piñero. 2004. **Residuos de plaguicidas organoclorados en formulas infantiles**. 14(2): 147-152.
- Karam-Quiñones, C. 2002. **Los agroquímicos: una perspectiva jurídica-ambiental. Análisis del caso Sinaloa**. Colegio de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México. 404 p.
- López-Geta, J.A., C. Martínez-Navarrete, L. Moreno-Merino, P. Navarrete-Martínez. 1992. **Las aguas subterráneas y los plaguicidas**. Instituto Geológico y minero de España. 149 p.
- Ongley, E. D. 1997. **Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos**. Estudio FAO riego y drenaje- 55. GEMS/Water collaborating Center. Burlington, Canadá. 116 p.
- Orozco-Abundis, M. A. 2006. **Fomento de la agricultura sostenible mediante el establecimiento de un sistema de garantías de calidad en los procesos productivos y de comunicación a los consumidores. Aplicación a la agricultura mexicana**. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. 371 p.
- Reyes Montiel, N. J. 2011. **Niveles de concentración de plaguicidas organoclorados e índice de condición de salud de lisa (*Mugil cephalus*) en el Coloradito, Guasave, Sinaloa**. Tesis de maestría. CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. 78 p.
- Rosas García, N. M. 2008. **Avances en el desarrollo de formulaciones a base de *Bacillus thuringiensis***. Revista Colombiana de Biotecnología. 10 (1): 49-63.
- SAGARPA. 2008. **Anuario estadístico de la producción agrícola. Cierre de la producción agrícola por estado**. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. (En línea). Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351
- SEMARNAT. 2005. **Indicadores básicos del desempeño ambiental de México: 2005**. México, D.F. 337 p.
- Terrones, M. C., J. Llamas, F. Jaramillo, M. G. Espino y J. S. León. 2000. **DDT y plaguicidas relacionados presentes en la leche materna y otros tejidos de mujeres sanas con embarazos de término**. Ginecol. Obstet. Méx. 68(3): 97-104.

Cipriano García Gutiérrez

Licenciatura en Biología por el Instituto Politécnico Nacional y Maestría en Ciencias en Entomología y Acarología por el Colegio de Posgraduados. Doctor en Ciencias en Ingeniería Bioquímica con especialidad en Biotecnología. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel II y miembro honorífico del Sistema Sinaloense de Investigadores. Profesor Investigador Titular en el Dpto. de Biotecnología Agrícola CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa.

Guadalupe Durga Rodríguez Meza

Egresada de estudios de Posgrado del CICIMAR, enfocado a biogeoquímica de metales pesados en ambientes marinos. Actualmente, profesor del Departamento de Medio Ambiente del CIIDIR Unidad Sinaloa, con participación y dirección de proyectos de investigación para conocer el impacto antropogénico en ambientes marinos y terrestres. Colabora con investigadores de otros laboratorios e instituciones como CICIMAR, UAN, SEMAR y CONAGUA.