

CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR PLAGUICIDAS QUÍMICOS

Lisette Orta Arrazcaeta

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Calle 110 no. 514 e/ 5a. B y 5a. F, Playa, Ciudad de La Habana

RESUMEN

Los plaguicidas químicos son usados por el hombre para el combate de plagas, enfermedades y malezas que afectan a los cultivos agrícolas. Grandes beneficios y ventajas aportan estos compuestos sintéticos, sin embargo su utilización no está exenta de dificultades e inconvenientes, pues son contaminantes del medio ambiente. En los últimos años se ha observado un deterioro de la calidad del agua. Son numerosas las causas que provocan su contaminación por plaguicidas. Algunas son inherentes al uso de estos compuestos y otras surgen por mala manipulación y negligencias. La presencia de plaguicidas en este medio puede afectar las diferentes formas de vida acuática. Técnicas como la cromatografía gaseosa (GC-ECD, GC-NPD y GC-MS), HPLC, y más recientemente los inmunoensayos, son utilizadas en la determinación de la concentración de plaguicidas en este medio.

Palabras clave: agua, contaminación, plaguicidas, cromatografía, inmunoensayos

ABSTRACT

Chemical pesticides are used by the man for the fight of plagues, risks and weeds that affect the agricultural crops. The synthesis of these compounds have big benefits and advantages, but their use has some difficulties and inconveniences, such as polluting the environment. In the last years a deterioration of the quality of the water has been observed. They are numerous causes of the contamination of the waters for pesticides, some are inherent to the use of these compounds and others for a wrong manipulation and negligences. The pesticides presence in this mean can affect the different forms of aquatic life. The residues of pesticides water are determinate using technical of gas chromatography (GC-ECD, GC-NPD and GC-MS) and HPLC.

Key word: water, contamination, pesticides, chromatography, immunoassay

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento vital del planeta. Los sistemas fluviales mantienen la vida terrestre y proveen de agua al 90% de la población mundial [FAO, 1992].

En los últimos años se ha observado una creciente preocupación mundial por los temas referidos a la calidad del agua. Numerosos científicos que participaron en la Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente (Dublú, 1992) y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, 1992) debatieron temas referidos a la necesidad de proteger la calidad del agua para el manejo seguro y sostenible de los recursos hídricos [FAO, 1992].

Si por agua entendemos el compuesto químico H_2O , cualquier cosa distinta a este elemento está cambiando su característica y podría considerarse como un conta-

minante. Por supuesto que este concepto es muy poco práctico, puesto que el agua pura rara vez se encuentra en la naturaleza. Tendemos a aceptar la noción de que un contaminante del agua es cualquier sustancia o compuesto cuya concentración límite o impida sus usos benéficos. Se define entonces la contaminación del agua como la «introducción por el hombre en el ambiente acuático (mares, ríos y lagos) de elementos abióticos o bióticos que causen efectos dañinos o tóxicos, perjudiquen los recursos vivos, constituyan un peligro para la salud humana, obstaculicen las actividades marítimas (incluida la pesca), menoscaben la calidad del agua o disminuyan los valores estéticos y de recreación» [FAO, 1992]. Entre los numerosos contaminantes que afectan la calidad de las aguas los plaguicidas químicos merecen especial atención.

Plaguicidas químicos

El surgimiento y la aplicación de los plaguicidas coincide con la llamada *era química*, que ha transformado la sociedad desde el decenio de 1950. Según la base de datos de la American Chemical Society, en 1993 se habían identificado más de trece millones de productos químicos a los que se le sumaban cada año 500 000 compuestos [FAO, 1992].

La continua necesidad de producir más alimentos para una población que presenta un rápido crecimiento ha hecho que estos compuestos químicos, en su mayoría sintéticos, tengan un papel fundamental para garantizar la protección y la calidad de los diferentes cultivos [Carvalho *et al.*, 1992; FAO, 1993 y 1996; Codex Alimentarius, 1993].

Desde 1940 el empleo de los plaguicidas ha crecido invariablemente a razón de 11% por año, y alcanzado cinco millones de toneladas en 1995 [Carvalho *et al.*, 1998; Wesseling *et al.*, 1992]. Durante las últimas décadas han ocurrido diversos cambios en cuanto al uso

de la protección química de los cultivos, y esta ha sido dirigida a la utilización de compuestos menos tóxicos y más selectivos [Dierksmeier, 2001]. Así tenemos que la primera generación de plaguicidas, principalmente los compuestos organoclorados, fueron gradualmente remplazados en las décadas de 1960 y 1970 por una segunda generación de plaguicidas, los compuestos organofosforados y los carbamatos. Una tercera generación apareció en el mercado, los piretroides, los cuales se utilizaban a una menor dosis de aplicación.

Los organofosforados, junto a los carbamatos y los piretroides, remplazaron plaguicidas muy persistentes como el DDT y el dieldrin. En comparación, estos nuevos agroquímicos eran menos tóxicos y se degradaban rápidamente en el ambiente [Sulecki, 1998].

Como se observa en el gráfico de la Fig. 1, los herbicidas ocuparon una posición destacada entre los plaguicidas agrícolas utilizados, mientras que los fungicidas han tenido un relativo decrecimiento [Sulecki, 1998].

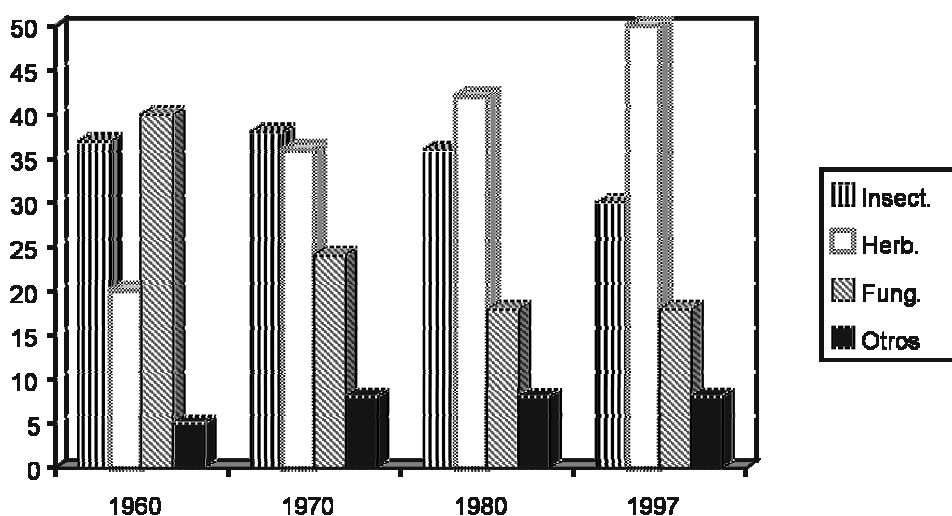


Figura 1. Niveles de uso de los plaguicidas químicos a nivel mundial.

En la actualidad no puede concebirse una agricultura productiva, de altos rendimientos, sin el concurso de los plaguicidas orgánicos sintéticos [Dierksmeier, 2001]. Por desgracia, los beneficios aportados por la química han ido acompañados de una serie de perjuicios. En el caso de los plaguicidas, como cualquier otro tóxico, su utilización esta asociada a un riesgo [Avery, 1998].

Los plaguicidas han sido deliberadamente adicionados al ambiente causando serios efectos en este medio. La falta de especificidad de algunos plaguicidas y el irresponsable uso de los agroquímicos en ciertas regiones

han originado diversos daños. Además de los efectos ecológicos en la zona de aplicación, es preciso tener en cuenta las consecuencias que se producen en lugares alejados de ella [Carvalho, 1998].

Expertos han estimado que solamente una pequeña fracción del plaguicida aplicado alcanza el sustrato de interés. El exceso de plaguicidas se mueve a través del ambiente contaminando los suelos, el aire, el agua y la biota [Carvalho, 1998; Carvalho, 1993]. Trazas de plaguicidas han sido medidas en la atmósfera, en aguas de lluvias, en aguas superficiales y subterráneas, en suelos y alimentos [Carvalho, 1998; Carvalho, 1993; FAO, 2000].

Desde la introducción del DDT como plaguicida en 1930 y el subsiguiente desarrollo de otros plaguicidas organoclorados, residuos de estos compuestos se han encontrado en diferentes partes del planeta [Tan *et al.*, 1994; Torres *et al.*, 1998; Coelho *et al.*, 1998]. Algunos plaguicidas prohibidos desde hace tiempo como el ya citado DDT, toxafeno, entre otros, se encuentran con frecuencia en regiones tan remotas como la zona ártica. Por otra parte, los productos químicos que se aplican en zonas tropicales y subtropicales son trasladados

por diferentes vías hasta distancias muy lejanas, y contaminan sistemas acuáticos que pueden encontrarse a miles de millas de distancia. Estudios han revelado la presencia de plaguicidas utilizados en zonas tropicales o subtropicales en los mamíferos del ártico [Avery, 1998; Dierksmeier, 2001, Connor *et al.*, 1990].

En la siguiente tabla se muestran algunos plaguicidas que se incluyeron en la propuesta de Protocolo Internacional de Contaminantes Orgánicos Persistentes:

Tabla 1. Contaminantes orgánicos persistentes

Aldrin	Acrilonitrilo
Atrazina	Aramite
Clordano	Dioxinas
Cloropicrina	Furanos
1,2-Dibromoetano	Compuestos de plomo
1,2-Dicloroetano	Compuestos de cadmio
Dieldrin	Captafol
DDT	Clordecone (kepone)
Endrin	Clordimeformo
Heptacloro	Crimidina
Hexaclorobenceno	Isobenzano
Lindano (hexaclorociclohexano)	Isodrina
Mirex	Kelevan
Nitrofen	Morfamquat
Pentaclorofenol	Ácido fluoroacético y derivados
Terpenos policlorados	Bifenilos policlorados (BPC)
Quintoceno	Compuestos de selenio
Carfeclor	

Los compuestos destacados en negrita son los conocidos normalmente como *la docena sucia* [Ongley, 1997].

La progresión general en el desarrollo de los plaguicidas ha supuesto la evolución desde plaguicidas altamente tóxicos, persistentes y bioacumulativos, como el DDT, hasta plaguicidas que se degradan rápidamente en el medio ambiente y son menos tóxicos para los organismos a quienes no están destinados. Se ha prohibido el uso de algunos plaguicidas debido a sus efectos

tóxicos potenciales sobre el ser humano y/o sus impactos negativos sobre los ecosistemas y se ha aprobado el uso de plaguicidas de formulaciones modernas [Avery, 1998, Ongley, 1997, *Lista oficial de plaguicidas de Cuba*, 2000].

Pese a numerosos esfuerzos encaminados a una utilización más racional de los plaguicidas, los abusos y usos indebidos de los productos químicos agrícolas continúan siendo un grave problema en numerosos países, sobre todo de América Latina, Asia y Europa oriental [Dierksmeier, 2001].

Los plaguicidas y la contaminación de las aguas

La actividad agrícola se encuentra dentro de aquellas actividades que influyen en el deterioro de la calidad de las aguas. Los campos de cultivos generalmente están asociados a llanuras costeras y valles cruzados por ríos, por diferentes vías. A estos ríos y zonas costeras llegan los residuos de los plaguicidas empleados en la protección de esos cultivos. En 1989 se estimó que el río Mississippi transportó hacia el Golfo de México, 430 toneladas de atrazina, a partir de los campos de cultivos de maíz ubicados cerca de la zona [Carvalho, 1998].

Un estudio realizado sobre el agua de consumo humano en algunas comunidades mexicanas, reveló que en algunas de ellas las aguas están altamente contamina-

das con plaguicidas que afectan la salud de los pobladores. El estudio fue diseñado para identificar y conocer los niveles de plaguicidas, organoclorados y organofosforados en el agua de las tres localidades de la zona. Los resultados evidenciaron presencia de pp-DDD, malatión y paratión metil [SNC, 1999].

¿Cómo contaminan las aguas?

El ambiente acuático es altamente complejo y diverso. Incluye distintos tipos de ecosistemas, corrientes de agua, lagos, ríos, estuarios, costas marinas y las aguas profundas de los océanos. Todos ellos tienen diferentes componentes bióticos y abióticos con características únicas [Rand, 1995]. Los plaguicidas pueden llegar a estos ecosistemas por diferentes vías, algunas de las cuales se muestran en la Fig. 2.

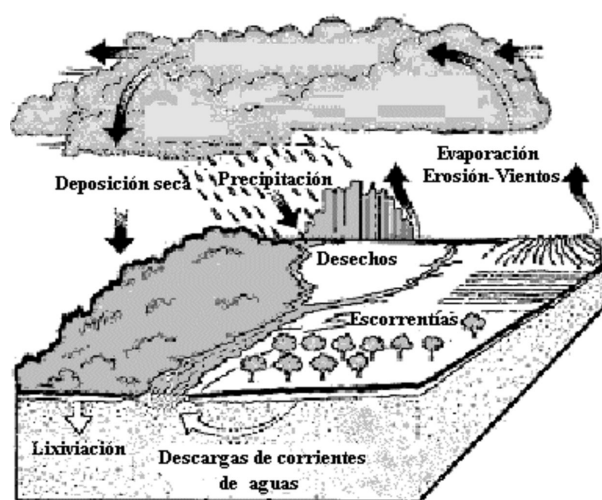


Figura 2. Vías de movimiento de los plaguicidas.

Ellos se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo, arrastrados por el agua y el viento. Estos contaminantes consiguen abrirse paso hasta las aguas subterráneas, tierras húmedas, ríos, lagos y finalmente hasta los océanos en forma de sedimentos y cargas químicas transportadas por los ríos [Criswell, 1998].

Las aguas que fluyen sobre la superficie de la tierra, ya sean por las lluvias, irrigación u otras fuentes y que corren hacia las zonas bajas, en su avance disuelven los plaguicidas presentes en el suelo. Por otra parte, en su movimiento tanto el agua como el viento erosionan los suelos y arrastran consigo partículas, las cuales pueden llevar plaguicidas absorbidos [Criswell, 1998]. A esto se le suma el hecho de que muchos agricultores indebidamente lavan los contenedores y otros medios que utilizan en la aplicación de los plaguicidas en lagos, presas o ríos cercanos, causando su contaminación [Criswell, 1998].

Una vez en el agua el plaguicida se disuelve, y de esta manera se mueve, difunde en ella. Si está asociado a partículas sólidas de suelo o polvo, se mueve y dispersa mecánicamente. Cuando el plaguicida se disuelve en el medio, la distribución ocurre por difusión. En este proceso el conocimiento de la solubilidad en agua de un plaguicida es muy importante [Dierksmeier, 2001].

La solubilidad en agua es clave para el comportamiento de los plaguicidas en ese medio, pues ella influye en la bioconcentración y la adsorción en sedimento. Es por ello que la solubilidad en agua medida a 20-25°C y la presión de vapor constituyen los parámetros más importantes para predecir el comportamiento de un plaguicida en el ambiente. Por otra parte, el coeficiente de partición n-octanol/agua (K_w) y el factor de bioconcentración son utilizados para prever la evolución de un plaguicida en el medio ambiente acuático [Dierksmeier, 2001; FAO, 1982; Swann, 1983].

En la Fig. 3 se muestra la distribución de algunas familias de plaguicidas (clorados, fosforados, piretroides,

carbamatos, triazinas, triazoles, ureas) en el sistema acuático.

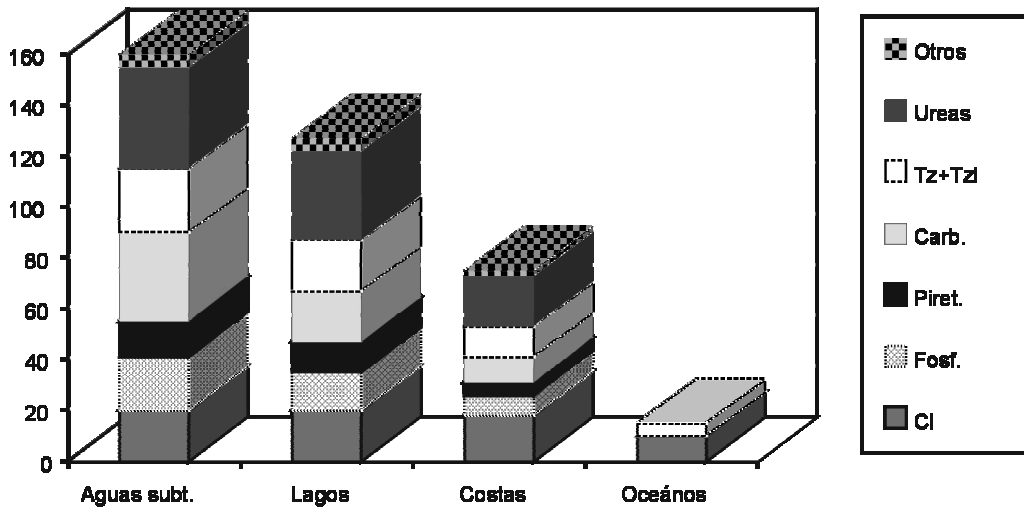


Figura 3. Plaguicidas en el sistema acuático.

Efectos ecológicos de los plaguicidas

La vulnerabilidad de un ambiente acuático a un compuesto químico depende de varios factores :

- Propiedades físico-químicas del compuesto y de sus productos de degradación.
- La concentración del compuesto en el medio acuático.
- Duración y tipo de entrada (aguda o crónica, descarga intermitente o continua).
- Propiedades del ecosistema [Ran, 1995].

La repercusión ecológica de estos contaminantes puede ir desde pequeños trastornos hasta grandes daños ecológicos, con repercusiones en los peces, las aves y mamíferos, y sobre la salud humana [Pimentel, 1997].

La escorrentía de plaguicidas da lugar a la contaminación del agua superficial y la biota, y a esto hay que añadirle los vertimientos accidentales o no autorizados en medios acuáticos que provocan concentraciones locales grandes de plaguicidas. Como consecuencia de esto se originan una serie de trastornos en el sistema acuático, algunos de los cuales se señalan a continuación. Los plaguicidas se acumulan y se transfieren a los niveles más altos de la cadena alimenticia [Dierksmeier, 2001], ocurre la disfunción del sistema ecológico en las aguas superficiales por pérdida de los depredadores superiores debido a la inhibición del crecimiento y a los problemas reproductivos. Estimados de seis a cuatro millones de peces por año son eliminados por plaguicidas [Mariño, 2000]. Tomemos por ejemplo los compuestos organofosforados, muy tóxicos aún en muy bajas concentraciones para animales invertebrados y vertebrados que componen la fauna marina

[Readman, 1992; Clark, 1998]. Todo esto trae consecuencias negativas en la salud humana debido al consumo de pescado contaminado. A esto se le suma el hecho de que algunos plaguicidas pueden lixiviar y llegar a las aguas subterráneas, contaminando pozos de agua de consumo humano [Waldron, 1992].

Los daños ecológicos causados por plaguicidas en algunas regiones son notables. En lagunas costeras del centro de América se ha informado la presencia de altas concentraciones de DDT y sus metabolitos en sedimentos y organismo marinos. Organofosforados tales como el clorpirifos fueron encontrados como contaminantes de estos lagos [Gracia, 1999].

La bahía de Ohuira es una laguna costera dentro del golfo de California, la cual recibe afluentes industriales y agrícolas. Muestras de agua, sedimentos y camarones fueron analizadas para evaluar los niveles de contaminación por plaguicidas. Sustancias de usos restringidos y prohibidos tales como el aldrín, endrín, DDT y lindano, fueron detectados. Se observaron daños fisiológicos y bioquímicos, un lento crecimiento y diversas patologías en los camarones [Galindo-Reyes, 2000].

La producción bananera de Costa Rica es altamente dependiente del uso de los plaguicidas. Su intensivo uso junto con el tipo de aplicación, la toxicidad de los compuestos usados, el sistema de drenaje de las plantaciones de bananos y las altas precipitaciones en el área, son factores que hacen muy vulnerables a los cuerpos de aguas y constituyen una potencial amenaza para los organismos que habitan esas aguas, así como para el ecosistema acuático de la región atlántica de Costa Rica [Ronald, 1998; Castillo, 1998].

En el viejo continente la Agencia Europea para el Medio Ambiente [EEA, 1994] cita un estudio de Galassi *et al.* en el que se vincula estrechamente la toxicidad del agua del río Po con la escorrentía de los plaguicidas agrícolas.

El Fondo Mundial para la Naturaleza [WWF, 1993] ha observado que una parte significativa de las 190 000 toneladas estimadas de plaguicidas agrícolas, más cargas adicionales de plaguicidas no agrícolas descargadas por los países ribereños del Mar del Norte, son transportados hasta este mar por una combinación de procesos fluviales, subterráneos y atmosféricos. En el informe del WWF se señala que la mayor tasa de enfermedades, deformidades y tumores en las especies ícticas comerciales de las zonas fuertemente contaminadas del Mar del Norte y en las aguas costeras del Reino Unido desde la década del setenta, están en consonancia con los efectos documentados de la exposición a los plaguicidas [Fishel, 1997].

Los efectos ecológicos de los plaguicidas (y otros contaminantes orgánicos) son muy variados y están con frecuencia interrelacionados. Estos efectos varían según el organismo sometido a investigación y el tipo de plaguicida. Los distintos plaguicidas provocan efectos muy diferentes en la vida acuática, por lo que es difícil formular afirmaciones de alcance general. Lo importante es que muchos de estos efectos son crónicos (no letales), pasan con frecuencia desapercibidos al observador superficial, y sin embargo, tienen consecuencias en toda la cadena trófica. Esos efectos son los siguientes:

- Muerte del organismo.
- Inhibición o fracaso reproductivo.
- Supresión del sistema inmunitario.
- Efectos teratogénicos.
- Problemas de salud en los peces, revelados por el bajo coeficiente entre células rojas y blancas, el exceso de mucílago en las escamas y agallas.
- Efectos intergeneracionales.

Estos efectos no son causados necesariamente ni de forma exclusiva por la exposición a los plaguicidas u otros contaminantes orgánicos, pero pueden estar asociados a una combinación de factores ambientales que conllevan a que se originen dichos efectos [Fishel, 1997].

Identificación y cuantificación de plaguicidas en agua, sedimento y biota

En la determinación de la concentración de plaguicidas en agua, sedimento y biota son utilizadas técnicas de cromatografía gaseosa (GC-ECD, GC-NPD y GC-MS) y HPLC [Mariño *et al.*, 2000, Lacorte, 1993; Quatrochi, 1992].

Estos métodos empleados para la identificación y cuantificación de plaguicidas incluyen etapas de pre-concentración de las muestras [Dris *et al.*, 1996;]. Téc-

nicas como la extracción con fluidos supercríticos han sido informadas en la literatura como tecnología que ofrece un amplio rango de extracción de compuestos químicos a partir de diferentes tipos de muestras.

Esta técnica se ha empleado en la extracción de diversos plaguicidas como el 2,4 D, simazina a partir de muestras de sedimento, así como sulfonil ureas en muestras de agua.

Desde principios de la década del ochenta la extracción en fase sólida ha sido otro método de purificación de extractos que ha tenido una amplia difusión. Compuestos organofosforados, triazinas y triazoles se han extraído del agua utilizando esta técnica [Aguilar, 1998; Báez, 1997].

Como respuesta a una alta demanda por métodos más rápidos, menos caros y específicos para medir concentraciones de plaguicidas en aguas, surgieron los inmunoensayos.

Se han desarrollado métodos inmunoenzimáticos ampliamente usados en la determinación de triazinas y piretroides. Las técnicas elaboradas incluyen ensayos en fase sólida Elisa, ensayos homogéneos Emit y los *dot immunoassay* con detección visual [Kramer, 1991; Barceló, 1998].

Elisa competitivo con antígenos y anticuerpos marcados han sido desarrollados y optimizados, con límites de detección de 3, 0,05 y 0,1 ng/mL para el 2,4 D, simazina y atrazina respectivamente. El tiempo de duración de este ensayo no sobrepasa las dos horas.

Se ha utilizado también amilasa bacilo como marcador. El principio de este método se basa en la inhibición de la actividad del conjugado amilasa-plaguicida después de la conjugación con el anticuerpo (antipesticida) y una seguida restauración de dicha actividad por el plaguicida presente en la muestra de análisis. Este ensayo, conocido como Emit, presenta una sensibilidad en el rango de 0,5-10 ng/mL para el caso del 2,4 D y piretroides (permetrin, fenotrin y productos de su degradación), y con un tiempo de duración más corto que el Elisa.

Por otra parte, también se utilizan *membrane dot immunoassay*. Mediante este método se forma un complejo que es detectado visualmente debido a la presencia de un sustrato enzimático que origina un producto insoluble. La sensibilidad alcanzada por el método es de 1 ng/mL para la simazina. Este sistema combina una gran rapidez (20 min), puede ser llevado a cabo fuera de las condiciones del laboratorio y no requiere de un equipamiento especial, por lo que ha encontrado gran aplicación en los trabajos de monitoreos ecológicos [Dzantiev, 1998].

REFERENCIAS

- Aguilar, C.; F. Borull; R. M. Marce: «Determination of Pesticides in Environmental Waters by Solid-Phase Extraction and Gas Chromatography with Electron Capture and Mass Spectrometry Detection», *J-Chromatogr-A*, 771 (1-2), mayo 1997.
- Avery, D. T.: «Salvando al planeta con plaguicidas y plásticos», Cap. 13, 198-205, 1998.
- Báez, M. E.; M. Rodríguez; O. Lastra; P. Conteras: «Solid-Phase Extraction of Organophosphorus, Triazine and Triazoles Derived Pesticides from Water Samples: a Critical Study», *J-High-Resolution-Cromatogr.* 20 (11): 591-596, nov. 1997.
- Barceló, D.; A. Oubiña; E. Martínez; J. Gascón; I. B. de Alleluia: «Pilot of Pesticides in Water and Sediment Samples from Paty do Alferes, Rio de Janeiro States, Brazil, Using Immunoassay and Gas Chromatography Techniques», International Conference on Pesticides Use in Developing Countries; Impact on Health and Environment, Abstract O 004, 47, 1998.
- Barceló, D.; M. F. Alpendurada: «Automated Online Solid-Phase Extraction Methods in Inter-Laboratory Studies of Polar Pesticides in Water Samples», *Lab-Rob-Autom.* 9 (4): 165-174, 1997.
- Carvalho, F. P.; D. D. Nhan; C. Zhong; T. Tarares; S. Klaine: «Tracking Pesticides in the Tropics», *Bulletin IAEA* 40 (3): 24-30, 1998.
- Carvalho, F. P.; R. J. Hance: «Pesticides in Tropical Marine Environments: Assessing Their Fate», *IAEA Bulletin* 2, 14-19, 1993.
- Castillo L. E.; C. Rupert; E. Solis: *Pesticides in the Water Bodies Influenced by Banana Production*, International Conference on Pesticides Use in Developing Countries; Impact on Health and Environment, Abstract O 012, 55, 1998.
- lark, M. G.; T. R. Maret: «Organochlorine Compounds and Trace Elements in Fish Tissue and Bed Sediments in Lower Snake River Basin, Idaho and Oregon», Boise, Idaho, 1998.
- Codex Alimentarius: «Pesticides Residues in Food», vol. 2, 1993.
- Coelho, R.; L. C. K. R. de Souza; S. Cardoso; E. Dutra: «Organochlorine Pesticides and PCBs in the Paranoa Lake of Brazilia, Brazil», International Conference on Pesticides Use in Developing Countries; Impact on Health and Environment, Abstract O 006, 48, 1998.
- Criswell, J.: «Pesticides and Water», E-951, *Water Quality Handbook for Nurseries*, Division of Agricultural Sciences and Nature Resources, Oklahoma, State University, 1998.
- Dierksmeier, G.: *Plaguicidas, residuos, efectos y presencia en el medio*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2001.
- Driss, M. R.; M. C. Hennion; M. L. Bouguerra: «Determination of Carbaryl and Some Organophosphorus Pesticides in Drinking Water Using Online Liquid Chromatographic Pre-Concentration Techniques», *J-Chromatogr.* 639 (2): 352-358, Jun. 1993.
- Driss, M. R.; M. L. Bouguerra: «Solid-Phase Extraction of Organophosphorus Pesticides Form Water Using Capillary Gas Chromatography with Thermoionic Specific Detection», *Int-J-Environ-Anal-Chem.* 65 (1-4): 1-10, 1996.
- Dzantiev, B. B.; A. V. Zherdev; E. V. Yazynina; V. A. Izumrudov: «Immunoassays for Instrumental and Visual Control of Pesticides», International Conference on Pesticides Use in Developing Countries; Impact on Health and Environment, Abstract O 003, 46, 1998.
- FAO: «Weed Management for Developing Countries», Boletín Fitosanitario no. 120, 1993.
- : *Anuario estadístico*, Roma, 1996.
- : «Criterios ecológicos para el registro de plaguicidas», *Protección y Producción Vegetal* 28, Roma, 1982.
- FAO: «Evaluación de la contaminación del suelo: manual de referencia», 2000.
- : «Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades a fin. Informes sobre temas hídricos», Santiago de Chile, 1992.
- Fishel, F.: «Pesticides and the Environment», *Agriculture Publication* G07520, December 15, 1997.
- Galindo-Reyes, J. G.; V. U. Fossato; C. Villagrana-Lizárraga; F. Dolci; M. G. Lazcano-Álvarez; J. A. Montes-Verdugo: «Pollution Pesticides in Water, Sediment, and Shrimp From a Coastal Lagoon Into the Gulf of California», <http://aimica.ens.uabc.mx/aim/conferencias/Impacto/formato HTML/lr-128.htm>, 2000.
- García, J. E.: «Análisis preliminar del uso de plaguicidas en la Cuenca del Río Tempisque», *Revista Universidad Autónoma de Centroamérica*, 1999.
- Kramer, P. M.; D. S. Rolf: «Automated Quasi-Continuous Immunoanalysis of Pesticides with a Flow Injection System», *Pestic.Sci.* 32, 451-462, 1991.
- Lacorte, S. C.; Molina; D. Barceló: «Screening of Organophosphorus Pesticides in Environmental Matrices by Various Gas Chromatographic Techniques», *Anal-Chim-Acta*, 281 (1), 71-84, Sept. 1993.
- Lista oficial de plaguicidas autorizados*, República de Cuba, Registro Central de Plaguicidas, 2000.
- Mariño, R. C.: «Métodos de análisis de residuos de plaguicidas», CIDISAV, 2000.
- Norberg, J.; J. Slobodnik; R. J. Vreuls; U.A.T. Brinkman: «Online Solid-Phase Extraction-Liquid Chromatography for Screening and Quantification of Organophosphorus Pesticides in Surface Water», *Anal-Methods-Instrum.* 2 (5): 266-276, 1995.
- O'Connor, Thomas P.: «Coastal Environmental Quality in the United States, Chemical Contamination in Sediment and Tissues», A Special NOAA 20th Anniversary Report, 1990.
- Ongley, E. D.: «Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos», Estudio FAO Riego y Drenaje - 55, Caps. 1, 2 y 5, FAO, 1997.
- Pimentel, D.; A. Greiner: «Environmental and Socio-Economic Cost of Pesticides Use», *Techniques for Reducing Use: Environmental and Economic Benefits*, D. Pimentel (Ed.), John Wiley & Sons, Chichester, Inglaterra, 51-78, 1997.
- Quatrochi, O. A.; A. S. Andrazzi; F. A. Laba: *Introducción a la HPLC. Aplicación y práctica*, Cap. 9, Bueno Aires, Ed. Artes Gráficas Farro, 1992.
- Rand, M. Cary: *Fundamentals of Aquatic Toxicology*, Cap.1, Second Edition, 1995.
- Readman, J. W.; L. Liang Wee Kwong; L. D. Mee; J. Bartocci; G. Nilve; J. A. Rodríguez-Solano; F. González-Farías: «Persistent Organophosphorus Pesticides in Tropical Marine Environments», *Marine Pollution*, vol. 24, 398-402, 1992.
- Ronald, J. K.: «Agrochemical Use on Banana Plantations in Latin America: Perspectives on Ecological Risk», International Conference on Pesticides Use in Developing Countries; Impact on Health and Environment, 42, 1998.
- Sistema de Noticias Científicas (SNC): «Descubren contaminación por plaguicidas en el agua de consumo», Publicación en Salud Pública.com: Noviembre 22, 1999.
- Subdirección de Ecología Económica del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. Impacto Ambiental: «Uso y manejo de agroquímicos», Colombia, <http://www.ideam.gov.co/web/historia/ecoecom/agro7.htm>, 1999.
- Sulecki, C. J.: «Argentina, Rapidly Modernizing Agriculture Sector a Power House in Grain and Oilseed Export Is Developing a Giant

Orta Arrazcaeta

Appetite for Agrochemicals, Fertilizers, Biotech Seeds and New Equipment», *Farm Chemicals International* 12 (2) Summer 98.

Swann, R. L.; D. A. Laskowski; P. J. Mc Call; K. V. Kuy; H. J. Distrburger: «A Rapid Method for the Determination (Stimation) of the Environmental Parameters, Octanol/Water Partition Coefficient, Soil,

Sorption Constant, Water to Air Ratio and Water Solubility», *Res Reviews* 85, 17-28, Springer Vorlag Berlin Heidelberg, New York, 1983.

Tan, G. H.; K. Vijayaletchumy: «Organochlorine Pesticides Residues Levels in Peninsular Malaysian Rivers», *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 53: 351-356, 1994.