

Reseña histórica de la problemática de contaminación por agroquímicos y mecanismos de regulación en Panamá

Jaime A. Espinosa Tasón¹ y Anovel Barba²

¹ M.Sc. Socioeconomía Ambiental. Investigador, Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ingeniero German De León, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá; jaet78@gmail.com.

² M.Sc. Entomología Agrícola. Investigador, Laboratorio de Protección Vegetal, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá; anovelbarba@gmail.com.

Resumen: Se realizó un análisis documental e histórico sobre algunos antecedentes de la contaminación por agroquímicos en Panamá y los mecanismos para su regulación. Los resultados muestran que la problemática de la contaminación por agroquímicos en Panamá data de 1960, con el incremento marcado del uso de plaguicidas y fertilizantes que resultó de la revolución verde. Los valores de la importación de plaguicidas y fertilizantes durante el decalustro 1961-2011, mostraron una tendencia de crecimiento exponencial. A mediados de 1980, estudios advertían que la elevada residualidad de agroquímicos traería, en consecuencia, la presencia de restos de los mismos en productos de consumo humano. En 1993-1994, estudios en Azuero habían demostrado la presencia de residuos de atrazina en suelos y fuentes de agua de fincas de productores. Internacionalmente, se ha demostrado que para una regulación de la contaminación por agroquímicos se deben utilizar instrumentos económicos en combinación con instrumentos de comando y control.

Palabras claves: Reseña histórica, agroquímicos, contaminación, mecanismos de regulación, Panamá.

Abstract: Documentary and historical research on some history of agrochemical pollution in Panama and the mechanisms for their regulation was made. The results show that the problem of contamination by agrochemicals in Panama dates back to 1960, marking the increased use of pesticides and fertilizers that resulted from the Green Revolution. The values of imported pesticides and fertilizers during the period of showed a trend of exponential growth. In the mid 1980s, of studies warning of high residuals of agrochemicals would consequently bring the presence of the same residuals in products of human consumption. In 1993-1994, Azuero studies had shown the presence of atrazine residues in soil and water sources of farms. Internationally it has been shown that regulation of pollution from agrochemicals must utilize economic instruments of in combination with command and control instruments.

Key words: Historical review, agrochemical pollution, regulatory mechanisms, Panama.

1. Introducción

Las necesidades de controlar plagas, malezas y enfermedades fueron en principio reconocidas por el hombre desde que se dedicó al cultivo de la tierra y sus productos, hace más de dos milenios. El origen del manejo de cultivos y maleza surge en la distinción entre cultivares y no cultivares. La transición del estado de recolección de frutas a la agricultura y luego su intensificación se hizo necesaria y posible por el aumento gradual de la población, que conllevó a formas de hábitat y organización social cada vez más densas (Staver, 2001).

En la República de Panamá, la tecnificación de la actividad agropecuaria trajo la participación marcada de insumos agroquímicos como los fertilizantes y los controladores de plagas y enfermedades. Esa “modernización”, que se presentó durante las últimas décadas del siglo XX, ha demostrado su aporte al mejoramiento de los recursos alimenticios disponibles para el panameño, ya fuese aumentando el rendimiento o disminuyendo las pérdidas de cosechas en los diversos cultivos; no obstante, el uso de agroquímicos ha demostrado tener también efectos adversos para la salud humana y el ambiente (Espinosa, 1985).

Como en los países más desarrollados debemos llegar a un punto de inflexión, en que se requiere del uso de alternativas, de un manejo bien dirigido y de la conciencia de todos los panameños ante los problemas que conlleva el mal uso de estos insumos. A la vez, los consumidores tienen derecho a ser protegidos contra aquellos

alimentos y procesos que son peligrosos para la salud.

El presente ensayo o artículo de reflexión analiza investigaciones científicas previamente publicadas, con el objetivo de rescatar y ordenar las investigaciones, a veces sueltas, y abstraer de ellas las lecciones que sirven para ayudar a una reflexión sistemática de la contaminación, uso y regulación de los agroquímicos en la República de Panamá.

Como complemento al análisis, se consultaron las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) de la Contraloría General de la República de Panamá y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La consulta se enfocó en las estadísticas sobre uso y comercio de insumos agropecuarios relevantes al tema, como fertilizantes y plaguicidas. Se analizaron series de tiempo de las variables, se realizaron análisis de regresión para proyectar tendencias, y análisis de estadísticos descriptivos de tendencia central y de dispersión.

2. Desarrollo de la temática

2.1. Perfil histórico de la contaminación

Sobre los orígenes de la contaminación en los países de América Latina y el Caribe, la literatura es relativamente escasa. La problemática de contaminación aún nos llega como un eco de los dolorosos gritos que se dieron durante mediados del siglo XX en los países industrializados, cuando el tema fue discutido calurosamente y los

gobiernos tuvieron que legislar de forma estricta para calmar las constantes protestas de millones de defensores de la naturaleza y sus recursos. Todo ello fue producto de la subestimación que existía en los países industrializados sobre el tema contaminación y deterioro de los recursos de la naturaleza.

Durante las décadas de 1950-60, se hablaba sobre los derrames de petróleo que afectaban la fauna marina, sobre las descargas de mercurio que contaminaron los peces capturados e ingeridos por la población de Minamata, en el Japón, y que posteriormente causaron grandes daños a muchas personas; sobre las descargas de residuos de la producción industrial de productos químicos y sobre la descarga de residuos nucleares.

Cabe destacar también, la catástrofe ecológica ocurrida en julio de 1976, cuando durante la producción de 2, 4, 5 Triclorofenol, un compuesto intermediario, preparado hace más de 7 décadas de forma rutinaria para la elaboración del herbicida 2, 4, 5-T y el bacteriostático hexaclorofeno, ocurrió una explosión en una planta en Seveso, pueblo de Italia, liberando una nube aerosólica, cuyos componentes principales eran 2, 4, 5-Triclorofenol, otros clorofenoles, etilenglicol, productos de condensación, así como el muy tóxico 2, 3, 7, 8-TCDD o p-dioxina.

Estos han sido factores, entre otros, que han inducido a una creciente toma de conciencia en los países más desarrollados sobre los problemas ambientales originados por un desarrollo económico, que quizás podría denominarse como inadecuado.

No existe duda del valioso aporte de muchas sustancias químicas para el desarrollo de varios países y de diversos sectores de la actividad humana: la medicina, agricultura y de la industria. Sin embargo, la contaminación está en función del tiempo, los agentes contaminantes serán transformados o degradados durante su movimiento, a través del geociclo. La contaminación por agroquímicos ejerce sus efectos en los elementos agua, suelo y atmósfera, influyendo directamente al ser humano y demás seres vivos (Espinosa, 1983).

2.2. El uso de plaguicidas en el agro panameño

La problemática de la contaminación agropecuaria en Panamá data desde 1960, con el incremento marcado del uso de plaguicidas que resultó de la revolución verde en toda América Latina y el Caribe. De acuerdo a la Convención de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, 9 de los 12 más peligrosos y persistentes compuestos orgánicos son plaguicidas.

Diversos autores han citado sobre la problemática de los plaguicidas en la salud pública en Centroamérica y Panamá. En el caso de Panamá, se enfatiza por los altos volúmenes de importaciones, cantidad por habitante, por hectárea cultivada y término promedio por trabajador agrícola. En la historia reciente de Panamá se ha detectado la presencia de plaguicidas en alimentos (cuadro 1), aún con productos restringidos en el país lo que es más grave, intoxicaciones en personas (cuadro 2) y desastres en

ecosistemas naturales (suelo y agua), por casos de derrames y uso inadecuado de productos agroquímicos.

Según Espinosa (1985) en el término de 10 años, a partir de 1971, la demanda de pla-

guicidas (herbicidas, fungicidas, insecticidas) en el sector agropecuario panameño se había duplicado. Esta situación trajo consigo una elevada erogación de divisas, que escaló sobre los 20 millones de balboas durante

Cuadro 1. Residuos de insecticidas en algunos productos agropecuarios panameños en ppm.

Producto o fruto	Insecticida						
	HCB	Alfa HCH	Lindano	Clordano	DDT	Dieldrina	Hepta-cloro
Vacuno	0.039	-	0.021	0.160	0.170	0.022	-
Porcino	0.020	0.013	0.012	-	0.250	0.220	0.151
Gallina	-	-	0.017	-	0.042	-	0.010
Queso fresco	-	-	0.019	-	-	-	-
Arroz	-	-	-	-	-	-	-
Cebolla	-	-	-	-	-	-	-
Tomate	-	-	-	-	-	-	-
Papa	-	-	-	-	-	-	-
(-) Valores menores a	0.001		0.001	0.004	0.010	0.005	0.002

Nota: HCB: Hexaclorobenzeno; HCH: Hexaclorociclohexano; DDT: Dicloro Difencil Tricloroetano; ppm: partes por millón.
Fuente: Espinosa y Thield (1985), citado por Espinosa (1986).

Cuadro 2. Residuos de DDT en la leche de madres panameñas.

Origen	Peso (libras)	Altura (metros)	Edad (años)	Contenido de DDT (ppm)
Panamá	120	1.60	18	0.620
Ponuga (Herrera)	150	1.65	31	0.380
Puerto Armuelles (Chiriquí)	130	1.59	22	0.170
Camarón	125	1.50	23	0.190
Tolé	120	1.50	24	0.180
Yapé (Darién)	140	1.50	16	7.300
Jaqué	115	1.62	17	0.770
El Real	170	1.65	25	0.180
Cañazas (Veraguas)	115	1.50	18	0.074
El Potrero (Coclé)	115	1.50	36	0.370
Promedio	130	1.56	23	1.02
Desviación Estándar	18.26	0.07	6.45	2.22

Fuente: Espinosa y Thield (1985), citado por Espinosa (1986).

1982. Las proyecciones estadísticas para 1985, indicaban que la demanda de plaguicidas químicos seguiría incrementándose durante los próximos años, siendo un importante motivo de preocupación, puesto que la continua aplicación de tóxicos en la agricultura pondría en peligro la carga ambiental.

El pronóstico de la demanda por plaguicidas fue acertado. Según las series de tiempo analizadas en este estudio, los valores de la importación de plaguicidas durante el período de 1961 a 2011 (50 años), muestran una tendencia de crecimiento exponencial ($R^2=92\%$), con valores que aumentan a intervalos cada vez mayores en el tiempo (figura 1). Para el decalustro en análisis, la importación de plaguicidas representó una mediana de 20.5 MM US\$ en erogación de divisas; un valor mínimo de importación de 1.2 MM US\$ y un valor máximo de 120.9 MM US\$.

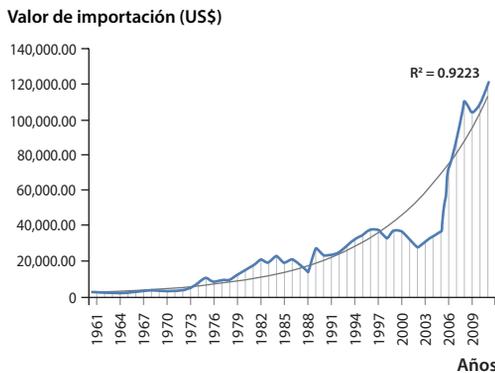


Figura 1. Importación de plaguicidas en la República de Panamá.

Fuente: Elaborada por los autores, a partir de datos de la FAO (FAOSTAT).

Históricamente, en Panamá la demanda de plaguicidas en el sector agropecuario ha sido por el orden de un 90%,

mientras que en el sector doméstico ha sido cerca del 10% restante de la demanda total. El gasto nacional en plaguicidas se convirtió en un requisito imprescindible para el desarrollo del sector primario; sin embargo, desconocemos el costo/beneficio adicional que implica sobre los recursos suelo y agua, así como en la salud humana.

La demanda promedio de plaguicidas para la década del 2000 fue de 4,628.8 toneladas de ingredientes activos, con una variación de 35%. En la figura 2, se muestran las medidas de dispersión y tendencia central del uso nacional de plaguicidas (herbicidas, insecticidas, fungicidas y bactericidas) durante la década del 2000 en el sector agropecuario.

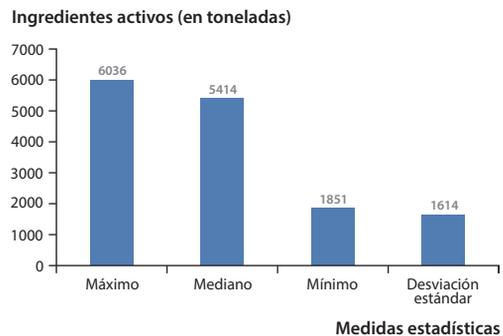


Figura 2. Uso de plaguicidas en la República de Panamá, período 2000-2012.

Fuente: Elaborada por los autores, a partir de datos de la FAO (FAOSTAT).

La importación per cápita de plaguicidas agrícolas para los últimos años (2008-2012), según datos oficiales del INEC, ha sido en promedio de 2.2 kg por cada habitante (figura 3). La proyección hipotética al 2020 indica un aumento paulatino a lo largo del tiempo.

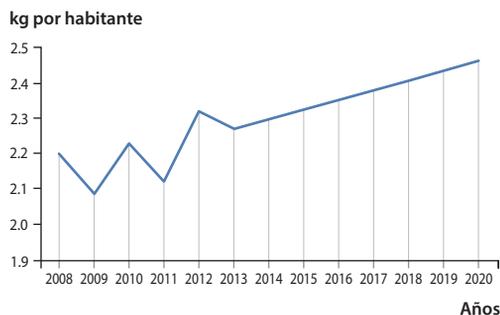


Figura 3. Importación per cápita de plaguicidas agrícolas en la República de Panamá.

Fuente: Elaborada por los autores, a partir de datos del INEC.

Es importante mencionar que hacia finales de la década de 1980, estudios del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) sobre toxicología e influencias ambientales de los agroquímicos, indicaban que la elevada residualidad de varios plaguicidas y otros insumos agropecuarios, traía en consecuencia la presencia de restos de los mismos en productos de consumo humano. Igualmente, la aparición de organismos indeseables resistentes a los plaguicidas, la persistencia o residualidad, el gran número de toxicosis ocasionadas a humanos y seres benéficos, y la contaminación ambiental.

2.3. El uso de fertilizantes en el agro panameño

Los fertilizantes nitrogenados y fosfatados son productos muy importantes desde el punto de vista ecológico, ya que intervienen en el proceso de eutrofización. Los fertilizantes, especialmente los fosfatados y nitrogenados, pueden llegar fácilmente a la capa freática, ríos, lagos y mares

por escorrentía sobre todo durante los períodos de fuertes lluvias.

En Panamá el comportamiento temporal del gasto en divisas por las importaciones de fertilizantes nitrogenados durante las últimas cinco décadas se ajusta ($R^2=74\%$) cerca de una tendencia exponencial, con valores que aumentan a intervalos cada vez mayores a lo largo del tiempo (figura 4).

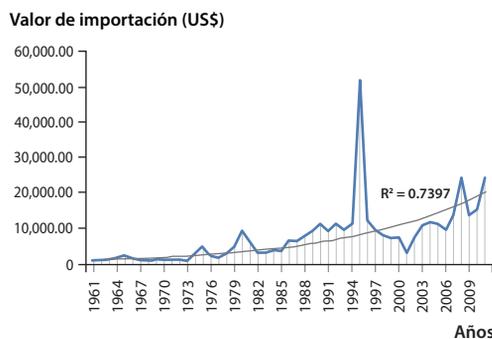


Figura 4. Importación de fertilizantes nitrogenados en la República de Panamá.

Fuente: Elaborada por los autores, a partir de datos de la FAO (FAOSTAT).

Esta tendencia de tipo exponencial también se aproxima ($R^2=62\%$), para el gasto de las importaciones de fertilizantes fosfatados durante las últimas cinco décadas (figura 5).

Para mediados de la década de 1980, Espinosa (1985) advertía sobre las consecuencias de carácter ambiental en Panamá por el exceso de fertilización con nitratos. En este contexto, indicaba, que elevar a niveles críticos el contenido de nitrato de las aguas por una excesiva fertilización, contaminaría las aguas de consumo humano.

A pesar de estas advertencias, el monitoreo y la regulación por empleo excesivo de fertilizantes nitrogenados como la urea,

en planicies y laderas próximas a fuentes de agua viva es prácticamente inexistente. Conjuntamente, es conocido que en muchas ocasiones los agricultores realizan fertilizaciones mayores a los requerimientos del cultivo.

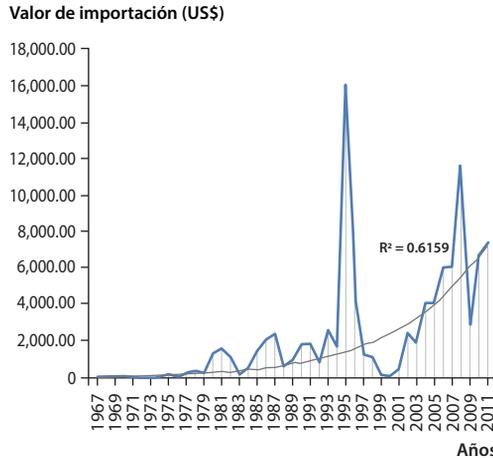


Figura 5. Importación de fertilizantes fosfatados en la República de Panamá.
Fuente: Elaborada por los autores, a partir de datos de la FAO (FAOSTAT).

Además, según indicaba Espinosa (1985), el peligro de los nitratos radica en que pueden ser convertidos fácilmente por microorganismos en nitritos, que tienen la propiedad de poder reaccionar con las proteínas (carne) para formar las muy tóxicas nitrosaminas que son reconocidos carcinógenos (0.002 mg kg^{-1} de peso inducen cáncer).

Trabajos realizados en América del Sur por Zaldívar *et al.*, citado por Espinosa (1985), indicaron que hay una relación entre el número de muertes por carcinoma de estómago y los contenidos de nitrato en las diferentes regiones fertilizadas artificialmente con nitratos.

Durante la década del 2000, en Panamá el total de fertilizantes nitrogenados y fosfatados ($\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5$) empleados anualmente en áreas arables y de cultivos permanentes tuvo una media de 27.9 y una mediana de 27.1 toneladas de nutrientes por cada 1,000 hectáreas, con una desviación estándar de 5.0 toneladas de nutrientes por cada 1,000 hectáreas.

El valor de este indicador a lo largo de la década (figura 6), mostró una variación de 18%, con un máximo de 38.2 y un mínimo de 22.9 toneladas de nutrientes por cada 1,000 hectáreas.

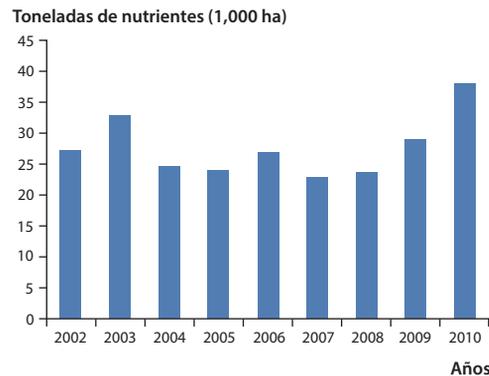


Figura 6. Uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados en áreas arables y de cultivo permanente en la República de Panamá.
Fuente: Elaborada por los autores, a partir de datos de la FAO (FAOSTAT).

La importación per cápita de abonos agrícolas para los últimos años (2008-2012), según datos oficiales del INEC, ha sido en promedio de 31.3 kg por cada habitante. La proyección hipotética de la importación per cápita de abonos agrícolas (figura 7), indica un pausado aumento a lo largo del tiempo; es probable que a medida que aumentaría la población también

tendería a aumentar paulatinamente la importación de fertilizantes debido a un aumento de la demanda agregada de productos del sector agropecuario panameño.

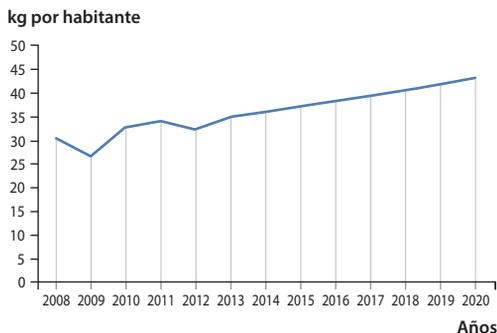


Figura 7. Importación per cápita de fertilizantes en la República de Panamá.

Fuente: Elaborada por los autores, a partir de datos del INEC.

2.4. El caso de la atrazina en Azuero

En la región de Azuero, el herbicida atrazina ha sido ampliamente usado en la producción de maíz y sorgo, entre otros, para el control de pre y posemergencia de gramíneas y de malezas de hojas anchas. Un estudio de Espinosa *et al.* (2001), realizado durante 1993-1994 para determinar la presencia y los niveles de atrazina en suelos de fincas de productores de maíz en Azuero, demostró la presencia de residuos de atrazina (en su mayoría <300 ppb) en los suelos de fincas de productores.

Realizando inferencia basada en la muestra del estudio (cuadro 3), se encontró con un 95% de confianza que el intervalo [2.37; 2.57] contiene el valor de la dosis promedio en la población desde la cual se extrajo la muestra durante 1993-1994. La dosis media de 2.47 kg de atrazina mostró

que en su mayoría los agricultores utilizaban la dosis indicada en la etiqueta de 2.4 kg i.a. ha⁻¹; sin embargo, un 17.8% (8/45) de los agricultores indicó haber doblado la dosis.

Es importante destacar que el período de años de uso de la atrazina fue en promedio de 8 años con un intervalo de confianza al 95% de [7.04; 9.49]. El valor máximo del período de uso de atrazina fue de 17 años, implicando un precedente de uso en la región de 38 años desde 1976 a 2014.

Lo anterior significó que la aplicación de atrazina en cuanto a dosis, frecuencia y época no parecía tener un efecto negativo sobre el recurso suelo; sin embargo, se recomendaba la verificación de efectos sobre el agua y la biota local. Igualmente, se recomendó reducir las cantidades empleadas del herbicida en la producción de maíz, debido a que la atrazina es muy móvil y podía ser disipada con las aguas ya fuera por escorrentía o por lixiviación.

Millán *et al.* (2001) realizaron durante 1992-1993 un estudio para determinar la presencia y los niveles de residuos de atrazina en aguas de fincas de productores de maíz en Azuero. Las fuentes de agua muestreadas en su mayoría (26/30 = 86%) tenían profundidades variables desde los 10 y más de 30 m de profundidad. En el momento del estudio no existía una norma nacional de aguas; no obstante, los niveles de residuos detectados fueron significativos en relación a la norma EPA/EU de 3µg L⁻¹ mencionado como valor umbral de límite individual aceptable en Europa (Alemania).

Una importante recomendación de los estudios de agroecotoxicología del IDIAP

Cuadro 3. Límites de confianza del área, dosis y período de uso de la atrazina en Azuero durante 1993-1994.

Parámetro	Área (hectáreas)	Dosis (kg atrazina)	Período de uso (años)
Media	9.84	2.47	8.27
EE	1.62	0.05	0.61
n	45	45	45
LI (95%)	6.57	2.37	7.04
LS (95%)	13.11	2.57	9.49

Nota: EE: Error estándar; n: número de casos muestreados; LI: Límite inferior; LS: Límite superior.
Fuente: Elaborado por los autores, a partir de datos de Espinosa et al. (2001).

en Azuero, a comienzos de la década de 1990, fue que se profundizara en los monitoreos por residuos relevantes de plaguicidas usados en la agricultura, especialmente en agua y en los alimentos que consume la población panameña. Pese a lo anterior, en los distritos de Chitré, Los Santos, Guararé y Las Tablas, durante el año 2014 a partir del 30 de junio hasta el 10 de julio, las autoridades panameñas prohibieron el consumo del agua en personas y animales debido a la presencia de altos niveles reportados (≈ 40 ppm) del herbicida atrazina.

2.5. Mecanismos de regulación económica para la contaminación agropecuaria

Debido a que la generación de contaminación es a través del tiempo, una función complicada de la población, la industrialización y los desarrollos tecnológicos específicos, resulta difícil estimar con exactitud la *velocidad con que se eleva* la curva exponencial de la descarga total de contaminación. Por ahora, se sabe que desde mediados del siglo pasado (siglo XX)

estamos desequilibrando el sistema ecológico; por una parte, aún ignoramos el grado de resistencia del sistema a la contaminación y, por otra, la velocidad con que aumenta el índice de deterioro ambiental.

En Panamá existen leyes que implican mecanismos de regulación, como la Ley 47 de 1996

de Sanidad Vegetal del MIDA, Acuerdos Municipales que regulan el uso de agroquímicos, y el Decreto Ejecutivo 467 de 7 de noviembre de 2007, en el cual el MINSA establece límites máximos de residuos de plaguicidas y otros componentes en frutas y vegetales de consumo nacional y de exportación.

Además, se consta de varios principios básicos internacionalmente adoptados en la regulación ambiental de los países desarrollados. Los mismos a partir de 2007, se han incluido en la política panameña de gestión integral de los recursos hídricos y de residuos no peligrosos y peligrosos. Sin embargo, existen estos principios pero poco se ha hecho por adecuarlos de una manera operativamente efectiva. Entre estos principios básicos cabe destacar los dos siguientes:

- *Principio de quien contamina paga*: Lo que significa que a los contaminadores se les debe exigir que paguen por el daño ambiental, los controles ambientales, así como también por la reparación y compensación del daño a la salud humana. Todos los actores deben aplicar medidas

de prevención y mitigación ambiental de la contaminación por residuo o desechos.

- *Principio precautorio*: Significa que la falta de certeza científica frente a la sospecha fundada de riesgo de daño grave e irreversible a la salud y/o ambiente, derivado del manejo, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos no peligrosos y peligrosos, no debe postergar la intervención del actor en la adopción de medidas eficaces que, tiendan a impedir el posible daño a razón de altos costos.

El principio de que el “contaminador paga” no siempre se cumple en países de la Unión Europea, dado que existen muchos tipos de subsidios gubernamentales por limpieza de la contaminación, o por financiamiento para el control de la contaminación. Algunas fuentes de contaminación programadas se controlan en el ámbito nacional; por lo general, estas son las más difíciles de controlar. Las fuentes de contaminación en pequeña escala, que incluyen los desechos sólidos municipales, son responsabilidad de las autoridades locales.

En política económica ambiental, existen dos teorías básicas para explicar la presencia de la regulación económica de la contaminación en los territorios:

- La teoría del interés público, según la cual el gobierno impone reglas para corregir fallos del mercado y aumentar el bienestar social.
- La teoría del grupo de interés, que establece que los grupos de interés influyen en el gobierno para promover su propio programa.

Por otro lado, hay dos tipos básicos de regulaciones ambientales:

- *Comando y control*: Implica que el regulador tome muchas de las decisiones sobre el control de la contaminación que debe aplicar la empresa, con lo que se reducen las opciones de esta última.
- *Incentivos económicos*: Permiten que la empresa tenga más de dónde elegir, ya que le proporciona un incentivo para encontrar la mejor forma de reducir la contaminación.

Un análisis de la regulación económica del problema de la contaminación del suelo por el uso de plaguicidas en las actividades agrícolas, realizado por Silva y Correa (2009), concluyó que para pasar de un simple esquema normativo a uno de verdadera regulación en el uso de plaguicidas en actividades agrícolas, es necesario centrarse en la utilización de instrumentos económicos en combinación con instrumentos de comando y control, para garantizar la generación de incentivos que potencien la minimización de impactos ambientales negativos por parte de los agentes responsables de la contaminación del suelo y agua.

Nuestro país, al presente, no escapa a esta realidad; todavía persiste la presencia de residuos tóxicos excedentes a los permisibles en los frutos y vegetales, la contaminación del aire que respiramos, del agua que bebemos y los suelos que se cultivan. Todos los panameños debemos tomar una posición consciente y de responsabilidad a promover el cambio de actitud y acción para la prevención de la contaminación.

3. Conclusiones

- La problemática de la contaminación por agroquímicos en Panamá data de 1960, con el incremento marcado del uso de plaguicidas y fertilizantes que resultó de la revolución verde en toda América Latina y el Caribe.
- Los valores de las importaciones de plaguicidas y fertilizantes en Panamá durante el decalustro 1961-2011, mostraron una tendencia de crecimiento exponencial.
- A mediados de la década de 1980, estudios del IDIAP en toxicología advertían que la elevada residualidad de varios plaguicidas y fertilizantes traerían, en consecuencia, la presencia de restos de los mismos en productos de consumo humano.
- Para 1993-1994, estudios en Azuero demostraron la presencia de residuos de atrazina, en su mayoría <300 ppb en los suelos de fincas de productores; mientras que en fuentes de agua, los niveles de residuos detectados fueron significativos en relación a la norma EPA/EU de 3µg/L.
- Internacionalmente, se ha demostrado que para una regulación de la contaminación por actividades agrícolas se deben utilizar instrumentos económicos en combinación con instrumentos de comando y control.

Referencias bibliográficas

- Autoridad Nacional del Ambiente. (2007). *Política nacional de gestión integral de residuos no peligrosos y peligrosos*. Panamá.
- Bernal T., C.A. (2006). *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. México: Pearson Educación.
- Comisión de Libre Competencia y Asuntos del Consumidor. (1999). *Diagnóstico de la problemática relacionada con el contenido residual de plaguicidas en los alimentos*. Disponible en: http://www.autoridaddelconsumidor.gob.pa/uploads/pdf/publicaciones_estudios/NT_19_PLA_GUICIDAS.09_04_2009_09_12_00_a.m.pdf. 23 p. Consultado el 1 agosto de 2014.
- De Millán, S., J. Espinosa G., J. Ceballos y N. De Gracia. (2001). "Estudio sobre restos de atrazina en aguas subterráneas de fincas maiceras de Azuero". *Informes Técnicos Agrícolas (1994-1995). Granos básicos: Maíz*. Volumen 2, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Panamá.
- Espinosa G., J. (1983). *Problemática de la contaminación agropecuaria*. Panamá: Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).
- Espinosa G., J. (1984). "El dilema de los plaguicidas". *Idiapuntes*, Edición 3 y 4. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Panamá.
- Espinosa G., J. (1985). "Agroquímicos: ¿Para qué?". En: Smithsonian Tropical Research Institute e Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). *Agonía de la naturaleza*. Panamá.

- Espinosa G., J. (1986). "Fundamentos toxicológicos de los insecticidas de uso en las zonas altas de Chiriquí". *Manejo Integrado de Plagas*, No. 1. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, p. 11-16.
- Espinosa G., J., J.C. González y N. De Gracia. (2001). *Restos de atrazina en suelos de fincas maiceras de productores de la región de Azuero. Informes Técnicos Agrícolas (1994-1995). Granos básicos: Maíz*. Volumen 2, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Panamá.
- Espinosa G, J. (1988). "Residuos de pesticidas en productos agropecuarios en Panamá". *Boletín Técnico*, Número 22, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Panamá.
- FAOSTAT. (2014). *Bases de datos sobre estadísticas e indicadores del uso y comercio de plaguicidas y fertilizantes*. Disponible en: <http://faostat.fao.org/>. Consultado el 9 de agosto de 2014.
- García, J. (2007). *Introducción a los plaguicidas*. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia (EUNED).
- INEC. (2014). *Base de datos del XI Censo Agropecuario Nacional: Resultados básicos, 2011*. Disponible en: www.contraloría.gob.pa. Consultado el 9 de agosto de 2014.
- Jenkins, J.M. (1995). *Problemática sanitaria y ambiental del uso de plaguicidas en Panamá*. Disponible en: www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexico/01554e23.pdf. Consultado el 9 de agosto de 2014.
- Kolstad, Ch. (2001). *Economía ambiental*. Estados Unidos: Oxford University Press, Inc.
- Larson, A.L. y J.M. Pérez. (1999). *Sustainability and agricultural externalities in Central America at the intensive margin: A critical review and synthesis of the literature*. Harvard University. Disponible en: <http://www.cid.harvard.edu/hiid/699.pdf>. 52 p. Consultado el 9 de agosto de 2014.
- Michel, G. (1978). *Ecología de la organización*. Tercera edición. México: Editorial Trillas.
- Silva A., A.M. y F.J. Correa R. (2009). "Análisis de la contaminación del suelo: Revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica". *Semestre Económico*, Universidad de Medellín, Colombia.
- Staver, C. (2001). "Knowledge, science and practice in ecological weed management; farmer-extensionist-scientist interaction". En: Liebman, M., C. Mohler y C. Staver. *The ecological management of agricultural weeds*. Reino Unido: Cambridge University Press.