

ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO: REVISIÓN DE LA NORMATIVA Y POSIBILIDADES DE REGULACIÓN ECONÓMICA*

Sandra Milena Silva Arroyave**
Francisco Javier Correa Restrepo***

Recibido: marzo 03 de 2009

Aprobado: mayo 15 de 2009

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo central hacer un análisis económico del problema de la contaminación del suelo por el uso de plaguicidas en las actividades agrícolas. Así, mediante una revisión bibliográfica analítica, se hizo un reconocimiento de la normativa ambiental nacional e internacional en torno al control de la contaminación del suelo. También se muestra la importancia económica del recurso suelo a través de la revisión de algunos estudios de valoración económica del suelo y de ecosistemas. Este trabajo concluye 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.

PALABRAS CLAVE

Suelo; políticas públicas ambientales; desechos peligrosos (plaguicidas); leyes ambientales; impactos ambientales.

CLASIFICACIÓN JEL

Q24; Q53; Q58; K32.

CONTENIDO

Introducción; 1. La problemática asociada al uso económico del recurso suelo; 2. Descripción de la regulación ambiental con relación a la contaminación del suelo; 3. Aproximación económica al problema de la contaminación de suelos; 4. Directrices para el diseño de instrumentos económicos para la regulación de la contaminación del suelo; 5. Conclusiones; Bibliografía.

* Artículo de investigación generado a partir del trabajo de grado titulado "Instrumentos económicos para la gestión en el control de la contaminación del suelo generada por plaguicidas en el oriente antioqueño", realizado como requisito para optar al título de Magíster en Administración –MBA-, de la Universidad de Medellín, Colombia.

** Ingeniera Ambiental, Universidad de Medellín, Colombia. Estudiante Maestría en Administración–MBA-, Universidad de Medellín, Colombia. Docente Gestión Ambiental, Fundación Universitaria María Cano, Medellín, Colombia. Participación en proyectos de investigación con el Grupo de Investigaciones y Mediciones Ambientales (GEMA, categoría A de Colciencias) y Grupo de Economía Aplicada (GEA, categoría C de Colciencias), de la Universidad de Medellín, Colombia. Calle 1ª C N° 65–67, Tel: 2558196, Correo electrónico: smsilva@udem.edu.co.

*** Economista y especialista en Evaluación Socioeconómica de Proyectos, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Magíster en Ciencias Económicas, Área de Economía de la Energía y los Recursos Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Profesor asistente, coordinador del GEA. Docente del programa de Economía, Universidad de Medellín, Colombia. Apartado aéreo 1983, carrera 87 N° 30-65 bloque 5 oficina 107, Medellín, Colombia, Tel: 3405278, Correo electrónico: fcorrea@udem.edu.co.

SOIL CONTAMINATION ANALYSIS: A REVIEW OF NORMS AND ECONOMIC REGULATION POSSIBILITIES

ABSTRACT

The main objective of this paper is to make an economic analysis about soil pollution generated by pesticides in agriculture activities. Through content analysis, it made a review about national and international environmental regulation specifically about soil pollution control. Also, this article showed soil economic importance through analysis of different studies of economic assessment of soil degradation. This work concluded that the design of regulation plan about pesticides uses in agriculture, has to be focus in the economics instruments use with command and control instruments, for ensure generation of incentives that enhances minimize negative environmental effects.

KEY WORDS

Soil; environmental government policy; hazardous waste (pesticide); environmental laws; environmental effects.

JEL CLASSIFICATION

Q24; Q53; Q58; K32.

CONTENT

Introduction: 1. Problems related to the economic use of soil. 2. Description of environmental regulation in relation to soil contamination. 3. Economic approach to soil contamination problem. 4. Guidelines for designing economic instruments for soil contamination regulation. 5. Conclusions. Bibliography.

ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO DA TERRA: REVIÇÃO DA NORMATIVA E DAS POSSIBILIDADES DE REGULAMENTO ECONÔMICO

RESUMO

Este artigo tem como objetivo central fazer uma análise econômica do problema da contaminação da terra pelo uso dos praguicidas nas atividades agrícolas. Assim, por meio de uma revisão bibliográfica analítica, foi feito um reconhecimento da normativa nacional e internacional em torno do controle da contaminação da terra. Ao mesmo tempo, a importância econômica do recurso terra é apresentada através da revisão de alguns estudos de valoração econômica da terra e dos ecossistema. Este trabalho concluiu que para passar de um simples esquema normativo a um sistema que tenha regulação na utilização dos praguicidas em atividades agrícolas, é preciso se focar na utilização de instrumentos econômicos combinados com instrumentos de comando e controle, para assim poder garantir a geração de incentivos que potenciem a minimização dos impactos ambientais negativos por parte dos agentes responsáveis da contaminação da terra.

PALAVRAS-CHAVES

Terra; políticas públicas ambientais; resíduos perigosos (praguicidas); leis ambientais; impactos ambientais.

JEL CLASSIFICATION

Q24; Q53; Q58; K32.

CONTEÚDO

Introdução; 1. A problemática associada ao uso econômico do recurso terra; 2. Descrição da regulação ambiental em relação à contaminação da terra; 3. Aproximação econômica ao problema da contaminação da terra; 4. Diretrizes para o desenho de instrumentos econômicos para a regulação de contaminação da terra. 5. Conclusões; Bibliografia.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un componente esencial del ambiente en el que se desarrolla la vida; es vulnerable, de difícil y larga recuperación (tarda desde miles a cientos de miles de años en formarse), y de extensión limitada, por lo que se considera un recurso natural no renovable. De acuerdo con Dorronsoro (2007), este recurso se utiliza para fines muy diversos: agricultura, ganadería, pastos y montes, extracción de minerales y de materiales para la construcción, soporte para las edificaciones, eliminación de residuos y actividades de ocio y recreo, entre otros. En este sentido, puede decirse que el suelo provee importantes funciones ambientales, dentro de las cuales se destaca ser el sustento de alimento para las plantas, almacenar nutrientes, poseer y albergar materia orgánica proveniente de restos animales y vegetales, ser el hábitat de diversos organismos que transforman la materia orgánica presente en él, entre otros factores que lo hacen ser esencial en el desarrollo de los ecosistemas de los cuales forma parte.

Las actividades económicas, especialmente la agricultura, están haciendo un uso cada vez más intensivo del suelo, empleando insumos como plaguicidas y fertilizantes, con el fin de obtener alimentos y materias primas para la elaboración de sustancias químicas, como biocombustibles. Igualmente, otras actividades productivas también usan de manera intensiva este recurso, situación que está conduciendo a una degradación creciente del suelo, así como a una pérdida irreparable del mismo. El uso inadecuado de este recurso trae como consecuencia la imposibilidad de hacer un uso óptimo del suelo en la agricultura, la ganadería, la recreación, etc. Por tal razón, es necesario crear políticas públicas y estrategias de regulación, que permitan disminuir el impacto ambiental negativo que se produce sobre el suelo (consecuencia de diversas actividades que se llevan a cabo en los procesos productivos de la industria y demás sec-

tores económicos), y generar una conciencia sobre la importancia de conservar los recursos naturales presentes en el medio.

Una estrategia para regular permanentemente las actividades económicas de las empresas, en cuanto a la generación de impactos ambientales negativos sobre el suelo, es el uso de instrumentos económicos que puedan incentivar a los agentes económicos para que inviertan en la protección y conservación de los recursos naturales. De igual forma, la implementación de estos mecanismos económicos permitirá demostrar el valor del recurso suelo como proveedor de bienes y servicios ambientales, para que de esta manera pueda ser integrado en los estados de resultados de las empresas.

Este artículo tiene como objetivo fundamental presentar una revisión bibliográfica analítica sobre los principales mecanismos de regulación que se emplean en el ámbito nacional e internacional en la protección de los recursos naturales, específicamente el suelo, como proveedor de diversos bienes y servicios ambientales. En este sentido, la primera sección presenta la problemática asociada al uso económico del recurso suelo. La segunda enfatiza en la regulación ambiental generada en torno a la contaminación del suelo. Por otro lado, la tercera sección contempla las aproximaciones económicas al problema de la contaminación. La cuarta, por su parte menciona las directrices requeridas para el diseño de instrumentos económicos que permitan regular la contaminación del suelo. Por último, se presentan las conclusiones del trabajo.

1. LA PROBLEMÁTICA EN EL USO ECONÓMICO DEL RECURSO SUELO

1.1 Caracterización del suelo

Echarri (1998, p. 1), expresa que "el suelo es una parte fundamental de los ecosistemas terrestres debido a que contiene agua y elementos nutritivos que los seres vivos utilizan, y en él se apoyan y nutren las plantas y otros

organismos", razón por la cual el suelo es considerado un recurso natural vital para el sustento de las actividades del ser humano, por lo que debe ser estudiado y analizado con el fin de encontrar la mejor manera de conservarlo a través del tiempo. Para lograr tal fin es necesario conocer cómo es su proceso de formación, cuáles son sus componentes y cómo es su dinámica en general.

El suelo se forma en un largo proceso en el que intervienen el clima, los seres vivos y la roca más superficial de la litosfera. Este proceso es una sucesión ecológica en la que va madurando el ecosistema suelo. La roca es meteorizada por los agentes meteorológicos (frío/calor, lluvia, oxidaciones, hidrataciones, etc.) y así la roca se va fragmentando. Los fragmentos de roca se entremezclan con restos orgánicos: heces, organismos muertos o en descomposición, fragmentos de vegetales, pequeños organismos que viven en el suelo, etc. Con el paso del tiempo todos estos materiales se van estratificando¹ y terminan por formar lo que comúnmente se conoce como suelo (Echarri, 1998).

1.2 Vinculación del suelo en las actividades económicas

El suelo es un componente muy específico de la biosfera debido a que actúa como amortiguador natural, controlando el transporte de elementos y sustancias químicas a la atmósfera, la hidrosfera y la biota. Por tanto, se dice que el mantenimiento de las

funciones ecológicas del suelo es responsabilidad de la humanidad (Kabata-Pendias y Pendias, 1992).

Este recurso natural desempeña una serie de funciones clave, tanto medioambientales como sociales y económicas, que resultan fundamentales para la vida, dentro de las cuales pueden mencionarse: producción, ambiente biótico, regulación climática e hidrológica, almacenamiento de nutrientes y materias primas, control de residuos y contaminación, espacio vital², archivo patrimonial³ y espacio conectivo⁴, entre otras. La capacidad de almacenaje, filtración, amortiguación y transformación convierte al suelo en uno de los principales factores para la protección del agua y el intercambio de gases con la atmósfera. Además, constituye un hábitat y una reserva genética, un elemento del paisaje y del patrimonio cultural, así como una fuente de materias primas fundamentales en los procesos productivos organizacionales. La tabla 1 presenta un resumen de algunos servicios ambientales que presta el recurso suelo.

Teniendo en cuenta la información presentada en la tabla 1, puede decirse que la conservación de la materia orgánica presente en el suelo tiene un valor fundamental para el sostenimiento de la vida y de los procesos que se desarrollan en torno a ella, puesto que proveen diversas funciones y servicios ambientales importantes para el ser humano, dentro de los cuales se destacan el control de la erosión, la formación del suelo, el ciclo de nutrien-

1 Formación de capas de diferentes espesores y propiedades dependiendo de la roca parental, las cuales, a su vez, determinarán las propiedades mecánicas del suelo.

2 El suelo como espacio vital hace referencia a la característica que posee este recurso para suministrar el agarre necesario a las raíces de las plantas y para proveer el hábitat de los microorganismos, que son fundamentales en el equilibrio biológico del recurso, al igual que proporciona la base física para la colonización humana, las estructuras industriales y las actividades sociales tales como la recreación y el deporte.

3 La tierra es un medio para almacenar y proteger la evidencia de la historia de la humanidad y una fuente de información de las condiciones climáticas y de su uso en el pasado.

4 El suelo cumple la función de espacio conectivo porque proporciona espacio para el transporte de las personas, de los insumos y de la producción y para el movimiento de las plantas y los animales dentro de áreas limitadas de los ecosistemas naturales.

tes, el tratamiento de desechos, hábitat y refugio, producción de alimentos, regulación de gases, entre otros (Costanza y Folke, 1997). No obstante, la CCE (2002) plantea que las actividades agrícolas y forestales tienen una gran incidencia en la materia orgánica del suelo. Esta comisión encontró que a pesar de la importancia de preservar el contenido de este elemento en el suelo, la materia orgánica

en descomposición no se repone lo suficiente en los cultivos herbáceos, entre los que se observa una tendencia cada vez más pronunciada hacia la especialización y el monocultivo. Esta especialización ha llevado a la separación de la ganadería y los cultivos herbáceos, con lo que han desaparecido las prácticas agrícolas de rotación y la consiguiente reposición de materia orgánica.

Tabla 1. Servicios ambientales que presta el recurso suelo

Servicio ambiental	Descripción
Generación de alimento y demás producción de biomasa	Los alimentos y otros productos agrícolas, esenciales para la vida humana, así como la silvicultura dependen totalmente del suelo. Prácticamente toda la vegetación-pastos, cultivos y árboles, inclusive- necesitan del suelo para obtener tanto agua y nutrientes como soporte físico.
Almacenaje, filtración y transformación	El suelo almacena minerales, materia orgánica, agua y varias sustancias químicas. Sirve de filtro natural de las aguas subterráneas, la principal reserva de agua potable, y libera dióxido de carbono, metano y otros gases a la atmósfera.
Hábitat y reserva genética	El suelo es el hábitat de una cantidad ingente de organismos de todo tipo que viven tanto en el suelo como sobre él, cada uno con un genotipo irremplazable. Esta es una función ecológica esencial.
Entorno físico y cultural para la humanidad	El suelo sirve de base a las actividades humanas y es asimismo un elemento del paisaje y del patrimonio cultural.
Fuente de materias primas	Los suelos proporcionan materias primas tales como las arcillas, las arenas y los minerales, entre otros, que son empleados en los diversos procesos productivos de las organizaciones.

Fuente: Elaboración propia basada en la CCE (2002) y Dorronsoro (2007).

Como ya se mencionó antes, la acumulación de materia orgánica en el suelo es un proceso lento que se puede ver favorecido por técnicas adecuadas de gestión de explotaciones como la agricultura de conservación, la agricultura ecológica, los pastizales permanentes, los cultivos de cobertura, el abonado con leguminosas verdes, el uso de estiércol y compost, el cultivo en fajas y el cultivo según las curvas de nivel. La mayoría de estas técnicas han demostrado su eficacia a la hora de prevenir la erosión, aumentar la fertilidad y potenciar la biodiversidad del suelo.

Por otra parte, es importante mencionar que el suelo presta otros servicios ambientales dentro de los que se puede enunciar el proporcionar espacios que permiten el esparcimiento de la población y el desarrollo cultural de las regiones en tanto compone paisajes agradables que fomentan la tranquilidad y la diversión de los seres humanos; de igual forma, este recurso participa en la regulación del ciclo hidrológico y sirve como vertedero de desechos, situación que favorece la supervivencia de las organizaciones de las cuales forma parte el hombre, pues de esta forma se desechan aquellos subproductos de producción considerados "indeseables".

Teniendo en cuenta los servicios ambientales que presta el suelo, puede decirse que la conservación de este recurso es fundamental para el ser humano, pues de su adecuado funcionamiento depende en gran parte el sostenimiento de las actividades productivas que desempeña el hombre. En este sentido, Villarreal y otros (2004, p. 4) consideran, entonces, que el suelo agrícola es *"un sistema complejo y en equilibrio dinámico, compuesto por elementos bióticos e inorgánicos, es el resultado de un extenso proceso de generación en el cual interviene el clima, el agua, el relieve, los organismos vivos y el tiempo, alterando profundamente el material originario denominado roca madre"*.

1.3 Actividad económica y degradación del recurso suelo

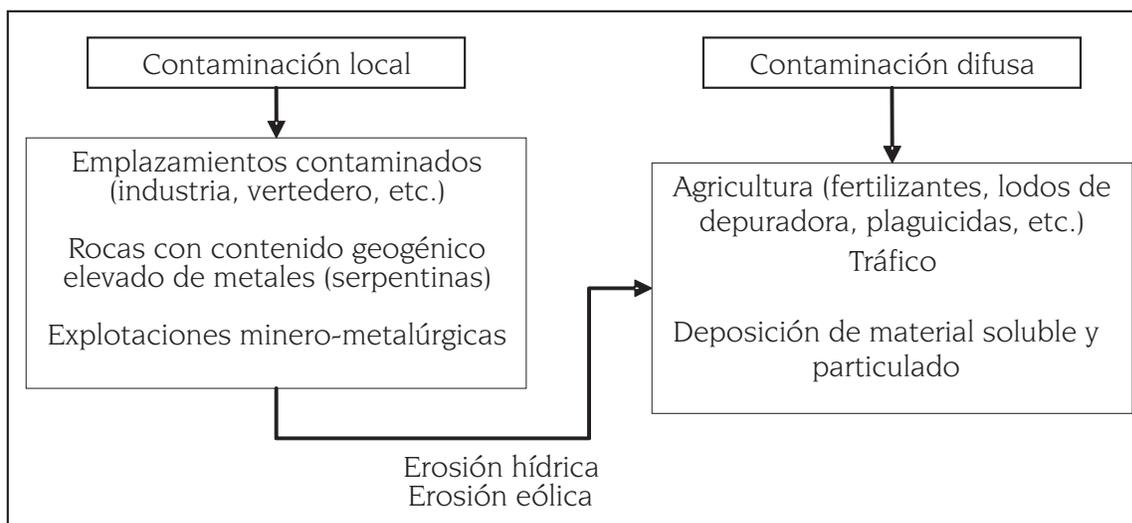
Una de las principales problemáticas en el ámbito ambiental y empresarial es la pérdida o degradación de recursos naturales que comprometa la generación de satisfactores sociales y económicos, razón por la cual es fundamental conocer cuáles son las principales fuentes de contaminación del recurso suelo y cuál es la diferencia entre un suelo contaminado y uno alterado. Así, según Cepeda (2003), la contaminación ambiental es la presencia

en la atmósfera, el agua o el suelo, de sustancias no deseables, en concentraciones, tiempo y circunstancias tales, que puedan afectar significativamente la salud y bienestar de las personas.

En este sentido, se entiende entonces por daño ambiental la afectación o modificación de las condiciones originales de los recursos naturales, y por contaminación, la presencia superior a los valores límite permisibles de aquellas sustancias que tengan la capacidad de modificar o variar alguna condición de dichos recursos y generar alteraciones que perjudiquen la salud de las personas. De esta manera, se puede decir que un suelo está contaminado, cuando las características físicas, químicas o biológicas originales han sido alteradas de manera negativa, debido a la presencia de componentes de carácter peligroso para el ecosistema; en este caso, la productividad que el suelo tenía, se pierde total o parcialmente (Cepeda, 2003).

Por consiguiente, la contaminación del suelo generada por actividades económicas puede presentarse de dos formas: degradación edáfica, proveniente de fuentes claramente delimitadas (contaminación local o puntual) y la causada por fuentes difusas (figura 1).

Figura 1. Contaminación local y difusa del suelo.



Fuente: AEMA (2002, p. 7)

Martínez y otros (2005) plantean que la contaminación local (o puntual) va unida generalmente a actividades económicas como la minería, las instalaciones industriales y los vertederos. En la minería los principales riesgos están relacionados con el almacenamiento de lodos, la generación de aguas ácidas de mina y el uso de ciertos reactivos químicos. Asimismo, el vertido de residuos constituye otra actividad potencialmente contaminante; en estos lugares, los lixiviados pueden afectar al suelo circundante y al sustrato geológico para, posteriormente, pasar a las aguas subterráneas o de superficie.

Ahora bien, la contaminación difusa es causada generalmente por el transporte de sustancias contaminantes, tanto solubles como particuladas, a lo largo de amplias zonas con frecuencia alejadas de la fuente de origen. Este tipo de contaminación está más relacionado con la deposición atmosférica⁵, determinadas prácticas agrícolas y el tratamiento y reciclaje inadecuado de los lodos de depuración y aguas residuales (Martínez y otros, 2005).

Puede decirse, entonces, que los efectos desfavorables de los contaminantes en el suelo como sistema son la afectación de su ciclo biogeoquímico y su función de biofiltro; la disminución cualitativa y cuantitativa del crecimiento de microorganismos; la disminución del rendimiento de los cultivos; la contaminación de las aguas superficiales y freáticas por procesos de transferencia y, por último, la disminución de las funciones de soporte de actividades de ocio (Porta; López-Acevedo; Roquero 1994)⁶.

Ahora, dentro de los contaminantes con gran impacto sobre el suelo están los plaguicidas. En este orden de ideas, se reconoce que los plaguicidas son sustancias formadas por compuestos tóxicos que

se han introducido deliberadamente en el medio ambiente para combatir plagas y enfermedades de las plantas; pueden acumularse en el suelo o bien filtrarse en las aguas subterráneas o evaporarse y posteriormente volver a depositarse en el suelo. Asimismo, pueden afectar la biodiversidad de este recurso debido a su escasa selectividad y por incorporarse en la cadena trófica. Debido a estas características, este estudio tiene como objetivo centrarse en los impactos negativos que generan los plaguicidas en el recurso suelo, razón por la cual, a continuación se presenta una descripción de los mismos.

1.4 Características de los plaguicidas

Al hablar de este tipo de sustancias es importante diferenciar entre los términos plaguicidas y pesticidas, debido a que en la literatura tienden a ser empleados como sinónimos. Los plaguicidas se utilizan ampliamente y casi exclusivamente en agricultura circunscritos a la definición de plaga, es decir, grupo de insectos maléficos u hongos, bacterias e incluso maleza que atacan a las plantaciones. Ahora, el término pesticida se asocia a una definición que va más allá del ámbito agrícola, aplicable a la definición de peste, enfermedad contagiosa y grave que causa gran mortandad o afección en los hombres o en los animales.

Evidentemente, la actividad tóxica del plaguicida sobre la especie objetivo no es considerada un problema, ya que en esa actividad se basa su eficacia y la razón de su utilización; sin embargo, los problemas se derivan de la falta de selectividad ya que en la liberación de estas sustancias la toxicidad se extiende a otras especies no objetivos. Este posible efecto no intencionado sobre otros organismos

5 Específicamente, la deposición atmosférica está originada por las emisiones de la industria, el tráfico y la agricultura. Este fenómeno introduce en el suelo agentes contaminantes (como el dióxido de azufre (SO₂), el óxido de nitrógeno (NO_x) y metales pesados como plomo, arsénico y mercurio) y diversos compuestos orgánicos (como dioxinas, hidrocarburos aromáticos y plaguicidas).

6 Citados por Solano (2005).

obliga a realizar valoraciones previas a modo de minimizar los impactos sobre estos organismos y los diferentes hábitats (Enríquez, 2001). El término plaguicidas incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, agentes para reducir la densidad de fruta, o agentes para evitar la caída prematura de la fruta, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y el transporte (Montes y García, 2005).

Ahora, según su uso se clasifican en fitosanitarios o agrícolas, ganaderos, para la industria alimenticia, ambientales, higiene personal y domésticos (Galdames, 2000). Adicionalmente, no importando el tipo de plaguicida, todos cuentan con ciertas características (como toxicidad, persistencia, bioacumulación, capacidad de migración, etc) que los hacen perjudiciales o benéficos tanto para los recursos naturales, como para el hombre (Linares, 2007).

De otro lado, la presencia de estos contaminantes en países en vía de desarrollo surge principalmente debido al uso de plaguicidas en cultivos agrícolas y también para combatir epidemias como el tifus y la malaria. Ahora, en los países desarrollados su presencia se debe a la fabricación, uso y eliminación de productos químicos orgánicos y a los aditivos o auxiliares de aplicaciones industriales. En la actualidad se calcula que el 80% de las ventas globales de estos productos se consume en los países desarrollados, mientras que en otros países subdesarrollados se consume el 20% restante. Lo destacable es que dentro de estos últimos se registra el 75% de las muertes por contaminación por agroquímicos (Papale, 2003). En 1985, la Red

de Acción Contra Plaguicidas (PAN)⁷ difundió una lista de productos agrotóxicos que aunque eran prohibidos en sus países de origen, se seguían utilizando intensamente en otros, situación que generó 14.000 muertes al año.

Dentro de los impactos negativos que generan en el medio ambiente puede nombrarse la reducción de la actividad microbiana del suelo, el crecimiento irregular, la pérdida de biomasa, o muerte de plantas sensibles a estas sustancias y afectaciones en la salud de la población. La tabla 2 presenta los posibles efectos de los plaguicidas en el agua y en el suelo.

En resumen, puede decirse que el suelo es un recurso natural importante para la actividad económica, dado su papel de insumo esencial en actividades como la agricultura y la ganadería, sin embargo es un recurso altamente vulnerable, pues su sobreutilización por parte de dichas actividades puede llegar a afectarlo irreversiblemente. Esto puede generar, como consecuencia, la pérdida de sus funciones ambientales y, por ende, la disminución de sus bienes y servicios.

Específicamente, el uso de sustancias tóxicas, como los plaguicidas, puede llegar a generar efectos negativos en el recurso suelo, debido a que sus características fundamentales como persistencia, vida media y toxicidad, entre otras, pueden destruir los componentes de este recurso y llevarlo a su destrucción.

En este sentido es importante conocer, tanto en el ámbito nacional como internacional, cuál ha sido la normativa que se ha implementado a través del tiempo para evitar el uso inadecuado de recursos naturales como el suelo.

7 Pesticide Action Network (PAN) o en español la Red de Acción Contra Plaguicidas (RAP), cuyo capítulo para América Latina, creada en 1985, se conoce como RAP-AL, es una red de organizaciones, instituciones, asociaciones e individuos que se oponen al uso masivo e indiscriminado de plaguicidas, planteando propuestas para reducir y eliminar su uso. Fomenta alternativas viables para el desarrollo de una agricultura, socialmente justa, ecológicamente sustentable y económicamente viable, que permita alcanzar la soberanía alimentaria de los pueblos. Información más detallada sobre esta red se puede consultar en : <http://www.rap-al.org/>.

Tabla 2. Efectos de los plaguicidas en agua y suelo

Tipo de pesticidas	Localización	Efecto
Herbicidas		
Ácidos aromáticos	Suelos	Una sobrecarga de residuos afecta las cosechas posteriores
	Aguas	Mata o inhibe la acción de algunas plantas acuáticas
Aminas, anilinas, nitrilos, ésteres, carbamatos	Suelos	Su persistencia puede afectar cosechas posteriores
	Aguas	La erosión superficial puede transportar herbicidas a los sistemas acuáticos
Insecticidas		
Organoclorados	Suelos	Los residuos afectan las cosechas posteriores, el transporte por las aguas superficiales afecta las plantas acuáticas
	Aguas	Las aguas contaminadas pueden afectar las plantas si se usan para irrigación
Organofosforados, carbamatos, piretroides	Suelos	Tienen corta vida media, por lo que sus efectos sobre las plantas es escaso
	Aguas	Tóxicos para ciertas algas

Fuente: Linares (2007, p. 69)

2. DESCRIPCIÓN DE LA NORMATIVA AMBIENTAL CON RELACIÓN A LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

2.1 Revisión internacional de la normativa ambiental

Antes de la década de 1970, se hablaba de la contaminación del aire y del agua, y al suelo se le atribuía una capacidad de autodepuración casi infinita. Sin embargo, la sensibilidad mundial comenzó a cambiar a partir de la declaración de la "Carta Europea de Suelos" desarrollada por la Comunidad Europea en 1972, la cual define el suelo como uno de los más preciados activos de la humanidad sobre el que viven hombres, animales y plantas; lo califica como un recurso limitado fácilmente destruable y manifiesta que debe ser protegido contra la erosión, la contaminación y el daño que pueden causar el desarrollo urbano y las prácticas agrícolas y silvícolas, razón por la cual los gobiernos deben impulsar medidas específicas para planificar y administrar los recursos del suelo (Solano, 2005).

Pero fue en el año 1992, en la Cumbre de Río, donde se reconoció la importancia de la protección de los suelos y de sus usos potenciales en el contexto de un desarrollo sostenible, en particular contra la contaminación procedente de acciones o actividades de origen antrópico. En concreto, se acordó el concepto de desarrollo sostenible y se adoptaron varias convenciones jurídicamente vinculantes en materia de cambio climático, diversidad biológica y, posteriormente, desertificación. En este mismo año (1992), el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), tuvo como objetivo la conservación de la diversidad biológica, el fomento del uso sostenible de sus componentes y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos. En este Convenio es fundamental la preocupación por el hecho de que la diversidad biológica se está viendo reducida significativamente por la actividad humana, incluida la gestión del suelo y de la tierra.

Asimismo, en 1992, la Convención Marco sobre Cambio Climático (CCC) reconoce la función y la

importancia de los ecosistemas terrestres como sumideros de gases de efecto invernadero, y plantea que los problemas de degradación del suelo y los cambios en el uso del mismo pueden agravar la emisión de gases a la atmósfera. Igualmente, en 1994 la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación fijó como objetivo evitar y reducir la degradación del suelo, rehabilitar terrenos parcialmente degradados y recuperar tierras desertificadas. Dicha convención reconoció la relación que existe entre la desertificación, la pobreza, la seguridad alimentaria, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático.

Por su parte, el Protocolo de Kioto de 1997 promueve el desarrollo sostenible e invita a todas las partes a aplicar políticas y medidas de protección y aumento de los sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero. En mayo de 2001, la Comisión de las Comunidades Europeas advirtió que la erosión y el declive de la fertilidad del suelo representan una amenaza de primer orden para el desarrollo sostenible, ya que reducen la viabilidad de las tierras agrícolas (CCE, 2002).

Debido a lo anterior, varios países dieron inicio a la inclusión del suelo como factor preponderante en la regulación estatal, y generaron mecanismos de conservación y protección de este recurso natural. Tal es el caso de España, donde la legislación ambiental presenta un gran desarrollo en materia de suelos contaminados. España enuncia, en primer término, la Ley Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos (ley 20 del 14 de mayo de 1986) que sentó los principios fundamentales para dar respuesta a las demandas de la sociedad en el ámbito medioambiental mediante la reducción de la generación de los residuos en los propios procesos productivos, la creación de una red de infraestructuras para su tratamiento y la eliminación y recuperación de los

espacios contaminados por compuestos tóxicos y peligrosos. Desde su promulgación, la normativa se fue ampliando y perfeccionando para acomodarse a las nuevas exigencias y desafíos medioambientales, y llegó hasta la redacción de una nueva ley de residuos que sustituyese a la de 1986: la ley 10 del 21 de abril de 1998, que por primera vez, en España, estableció una legislación básica en materia de protección del suelo frente a la contaminación, ya que hasta la promulgación de dicha ley en ese país no se disponía de ninguna norma legal que permitiera proteger los suelos contra la contaminación; en el caso de los suelos ya contaminados, se identifican y caracterizan mediante una metodología normalizada y técnicamente rigurosa (Real Decreto 9/2005⁸).

Asimismo, existen otros países europeos que han estado comprometidos con la protección y conservación del recurso suelo; por ejemplo, Inglaterra ha elaborado una estrategia global, en la cual considera distintos tipos de amenaza para el suelo, establece una relación de respuestas sostenibles, fija una nueva serie de objetivos e indicadores clave del suelo y estudia la relación entre suelo y ordenación del territorio (Solano, 2005).

Por su parte, Suecia tiene un programa de vigilancia de los ecosistemas que incluye distintos parámetros edáficos. Asimismo, en Francia se ha aprobado un plan nacional de gestión y protección del suelo que insiste en el control de la contaminación en el futuro. Ahora, la política de los Países Bajos insiste en diversos tipos de contaminación del suelo, incluidas las aguas subterráneas, así como una normativa sobre contaminación de origen difuso que define las entradas y salidas aceptables de nutrientes agrarios. En este sentido, Bélgica ha establecido un marco legal que permite asignar la responsabilidad civil sobre la contaminación de terrenos, actual o histórica.

8 Citado por Solano (2005, p. 25)

Por otra parte, en Eslovenia la protección del suelo está contemplada en el programa nacional de medio ambiente, que está vinculado a la descontaminación de los suelos degradados y a la utilización sostenible del suelo agrícola. En Hungría, la protección del suelo se acoge a la legislación general de protección del medio ambiente, así como a la legislación específica sobre protección de la tierra de labor, protección del suelo y de las aguas subterráneas, así como a la recuperación de los terrenos contaminados.

Por otro lado, en el contexto internacional también se ha adquirido conciencia sobre el daño o deterioro que puede traer, tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas y los medios de producción, el uso de ciertas sustancias como los plaguicidas, razón por la cual, en los convenios y conferencias internacionales se ha tenido en cuenta la correcta utilización de estas sustancias. En la tabla 3 se presenta las características generales de cada tratado.

Tabla 3. Principales tratados internacionales en el marco del manejo de plaguicidas

Referencia	Objetivo/síntesis
Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (1991).	El objetivo del convenio es reducir el movimiento transfronterizo de residuos para tratar y disponer éstos de una manera adecuada y cercana a su fuente de generación y minimizar la cantidad de residuos que se generan. Establece un procedimiento de notificación previa de todo movimiento transfronterizo de residuos.
Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo, aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional (2000).	El objetivo del convenio es promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las partes, en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños y contribuir a su utilización ambientalmente racional, facilitando el intercambio de información acerca de sus características, estableciendo un proceso racional de adopción de decisiones sobre su importación y exportación y difundiendo esas decisiones a las partes. El convenio se aplica a los productos químicos prohibidos o rigurosamente restringidos y a las formulaciones plaguicidas extremadamente peligrosas.
Convenio de Estocolmo sobre reducción y eliminación de contaminantes orgánicos persistentes (COPs) (2005).	El objetivo del convenio es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes. Establece medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción y utilización intencionales y no intencionales, y las derivadas de existencias y desechos.
Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono (1989)	Las partes tomarán las medidas apropiadas para proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos adversos resultantes o que puedan resultar de las actividades humanas que modifiquen o pueda modificar la capa de ozono.
Protocolo de Montreal (1990)	Establece acciones a cumplir por los Estados a fin de disminuir las sustancias agotadoras de la capa de ozono, reconvirtiendo sectores industriales que las utilizan en sus procesos productivos.
Convenio sobre la seguridad y la salud en la agricultura (2003)	Dicta disposiciones generales para el empleador y el trabajador con el fin de lograr una máxima condición de seguridad para las partes.
Convención sobre diversidad biológica (1994)	El objetivo de esta convención internacional se centra en la conservación de la biodiversidad, la utilización sostenible de sus componentes y la participación equitativa y justa de los Estados en los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos.
Convención sobre lucha contra la desertificación (1996)	El objetivo es luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía, por medio de la aplicación de estrategias integradas a largo plazo que se centren simultáneamente en el aumento de la productividad de las tierras, la rehabilitación, conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos tierra e hídricos, con el fin de mejorar las condiciones de vida, especialmente a nivel comunitario.

Fuente: FARN (2005, p. 40)

Adicionalmente, con el fin de analizar las implicaciones de la agricultura con productos fitosanitarios, la Comisión de la Unión Europea adoptó la Estrategia Temática sobre el Uso Sostenible de los Plaguicidas en julio de 2006. Esta estrategia aplica un conjunto de medidas encaminadas a reducir los riesgos para el medio ambiente y la salud humana, vinculados a la utilización de los plaguicidas y, de manera más general, a lograr un empleo más sostenible de los mismos y una reducción global sensible de los riesgos y la utilización, sin pérdida de rendimiento para los usuarios.

De igual forma, después de varios años de debates y trabajos, el Parlamento Europeo aprobó el Reglamento REACH (Registro, Evaluación y Autorización de Sustancias Químicas), nuevo instrumento de gestión de estas sustancias, que entró en vigor el 1 de junio de 2007 y se aplicará de forma escalonada hasta el 2018, año en el que estará totalmente desarrollado. Este reglamento establece un registro europeo único que controla las sustancias químicas que se producen o importan en cantidades mayores a una tonelada. Cuando las mismas superen las cien toneladas al año deberán pasar un proceso de evaluación. Las sustancias consideradas como preocupantes para la salud o el medio ambiente, independientemente de su cantidad y siempre que no cuenten con una alternativa con menos riesgos, necesitarán una autorización (Linares, 2007).

De otra parte, en Estados Unidos el uso del suelo está a cargo de los gobiernos locales para algunos casos y del gobierno federal para otros. El empleo para actividades agrícolas que implica problemas de pérdidas de suelos y contaminación por escurrimientos es controlado por el departamento Federal de Agricultura. Este departamento exige que los agricultores que reciban subsidios presenten planes para la conservación del suelo. Además, existen varias leyes que regulan los plaguicidas, como

la ley para el control de las sustancias tóxicas de 1976 y la ley federal sobre insecticidas, fungicidas y rodenticidas de 1947; la mayor parte de éstos los controla la EPA⁹ de una manera sencilla y directa: simplemente certifica la etiqueta y las instrucciones que se incluyen en el envase antes de su venta. La etiqueta tiene que ser muy específica; por ejemplo, debe informar que para usarse en plantas de fresa la dosis de aplicación no debe exceder de X mililitros diluida en Y litros de agua por hectárea de cultivo. Gran parte de la vigilancia de la EPA implica calcular qué cantidad de residuos del plaguicida terminará en el abastecimiento alimenticio, además de cuánto ingerirá una persona normal y si esto constituye un riesgo para la salud (Kolstad, 2001).

2.2 Normativa colombiana en materia de suelos y plaguicidas

Uno de los principios rectores del Estado colombiano, plasmado en la Constitución de 1991 (artículo 8), establece la protección de las riquezas naturales de la Nación como principio guía de la actuación del Estado y los particulares: "*Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación*". No se trata de una simple declaración constitucional o de un enunciado retórico. Este artículo, al erigirse como principio, se dimensiona como un verdadero instrumento conductor de la política estatal y como punto obligado de referencia para evaluar la actuación del Estado y los particulares, y produce, desde luego, consecuencias jurídicas concretas.

Asimismo, el artículo 80 agrega el deber de prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la refacción de los daños causados. La obligación estatal en Colombia, en materia ambiental, es tal que la propia carta política le proporciona al Presidente de la Re-

9 EPA: Environmental Protection Agency, que en español significa, Agencia para la Protección Ambiental.

pública una herramienta excepcional para identificar hechos que amenacen con perturbar en forma grave el orden ecológico del país (Sanclemente, 2000).

En materia legislativa, Montes y García (2005) hacen un recuento de la normativa ambiental existente en Colombia, enfocada al tema específico de los plaguicidas, en donde se plantea que el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, decreto 2811 de 1974, establece que para prevenir el deterioro ambiental y los daños a la salud humana, se deben establecer requisitos y condiciones para la importación, fabricación, transporte, comercialización, manejo y disposición de sustancias y productos tóxicos o peligrosos; disposición que ha sido soporte de la normativa sobre plaguicidas y mercancías peligrosas.

Por su parte, el Código Sanitario Nacional, ley 9ª de 1979, desarrolla múltiples temas entre los cuales se destacan los residuos sólidos, emisiones atmosféricas, sustancias químicas, sustancias peligrosas, sustancias tóxicas, plaguicidas, etc. En relación con los plaguicidas, esta ley dedica sus artículos 136 a 144 a regular lo relativo a su transporte, almacenamiento, uso, comercio y distribución, estableciendo normas para la salvaguarda de la salud y la seguridad de las personas. Igualmente, establece la obligación de expedir registro en los casos de importación, fabricación o comercio de cualquier tipo de plaguicidas, y consagra obligaciones de tipo sanitario para los fabricantes, formuladores, envasadores o manipuladores de este tipo de sustancias.

Ahora, el decreto 1843 de 1991 reglamenta el uso y manejo de plaguicidas y es básico en la legislación colombiana sobre el tema. A lo largo de este decreto, se abarcan temas relacionados con las funciones de la Administración Pública en materia de plaguicidas, se fijan parámetros técnicos sobre los niveles de toxicidad, requisitos sobre experimen-

tación con plaguicidas, licencias para producción, proceso y formulación de estas sustancias, etc. El objetivo de este reglamento es evitar que el uso y manejo de plaguicidas afecte la salud de la comunidad, la sanidad animal y vegetal o cause deterioro al ambiente. Además, dicho reglamento plantea la creación del Consejo Nacional de Plaguicidas y los Consejos Seccionales de Plaguicidas, que tienen un carácter consultivo y asesor de los Ministerios de Salud y de Agricultura y de las direcciones seccionales de salud y agricultura, respectivamente, y el Consejo Intrasectorial Nacional que tiene carácter de asesoría técnica permanente del sistema de salud y cuya secretaría está a cargo de la división de sustancias potencialmente tóxicas.

Este decreto, entre otros muchos aspectos, restringe de manera general todos aquellos productos plaguicidas o sus componentes, en los cuales se observen o se demuestren efectos cancerígenos o mutagénicos ocasionados en dos o más especies animales con metabolismo similar al de los mamíferos, cuyo su uso y manejo constituyan grave riesgo para la salud de las personas, de la sanidad animal y vegetal o la conservación del ambiente, según lo determinen los Ministerios de Salud y/o Agricultura, o que no haya demostrado efectividad o eficacia para el uso que se propone. En lo relativo a los desechos y los residuos de plaguicidas, establece que la persona natural o jurídica que los maneja debe dar tratamiento previo a su evacuación final, de manera que los efluentes no sobrepasen los límites permitidos oficialmente.

Por su parte el Ministerio de Medio Ambiente¹⁰, según lo dispuesto por la ley 99 de 1993, debe expedir las regulaciones ambientales para la distribución y uso de sustancias químicas utilizadas en actividades agropecuarias y dictar regulaciones para impedir la fabricación, importación, posesión y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, así como

10 En la actualidad denominado Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos o subproductos de los mismos.

Según la ley 99 de 1993, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial debe otorgar de manera privativa la licencia ambiental para la producción e importación de pesticidas, y de aquellas sustancias, materiales o productos sujetos a controles por virtud de tratados, convenios y protocolos internacionales. Esta reglamentación se dirige a todas aquellas personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que fabriquen, formulen, importen, envasen, distribuyan, comercialicen, empaquen, almacenen y transporten plaguicidas, así como al consumidor o usuario final de los mismos, y a las personas que generen y manejen residuos o desechos peligrosos provenientes de plaguicidas¹¹.

Continuando con la normativa aplicable a los plaguicidas, es importante anotar que el decreto 1220 de 2005, reglamentario de la ley 99 de 1993, dispone que requerirán de licencia ambiental la importación y producción de pesticidas así como aquellas sustancias, materiales o productos sujetos a controles por virtud de tratados, convenios y protocolos internacionales, y determina que, en caso de importación, ésta deberá ajustarse al procedimiento señalado en la Decisión Andina 436 del Acuerdo de Cartagena y sus normas reglamentarias, para los cuales da competencia privativa al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), los grandes centros urbanos y las autoridades ambientales son competentes para el otorgamiento de la licencia ambiental para los proyectos cuyo objeto sea el almacenamiento de sustancias peligrosas, como son los plaguicidas. De otro lado, la normativa expedida por la cartera de agricultura hace referencia a

la prohibición de venta y uso de ciertos plaguicidas únicamente con destino a determinados cultivos. En este orden de ideas, la resolución 447 de 1974 prohíbe el uso y venta de insecticidas clorados con destino al cultivo del tabaco, y la resolución 209 de 1978 prohíbe el uso de plaguicidas organoclorados en el cultivo del cafeto.

Otro tema de interés fundamental en el uso de plaguicidas en el País es la existencia de exenciones tributarias a los plaguicidas. Sin lugar a dudas, la normativa tributaria favorece el uso de agroquímicos, toda vez que el artículo 424 del Estatuto Tributario excluye expresamente del impuesto sobre las ventas: los abonos minerales, los plaguicidas e insecticidas y las materias primas químicas con destino a la producción de plaguicidas e insecticidas y fertilizantes (exactamente para la producción de los abonos anteriormente mencionados)¹². Al analizar esta situación, puede verse claramente como se favorece la generación de impactos ambientales negativos en los recursos naturales, pues la contaminación encuentra, en la exención de impuestos por la compra y venta de estas sustancias tóxicas y nocivas para el desarrollo natural de la vida en el suelo, su mejor aliado para abrirse camino en un mundo que debería proteger sus riquezas y no disminuirlas, puesto que con el aumento en las concentraciones de los plaguicidas en las tierras de cultivo, de recreación, paisaje y demás actividades que desarrolla el ser humano en el suelo, se perderá toda posibilidad de aprovechamientos posteriores de estos recursos.

En cuanto al impuesto sobre la renta, el Estatuto Tributario dispone que no constituirán renta ni ganancia ocasional para el beneficiario, los ingresos constitutivos por los contribuyentes por concepto de indemnizaciones o compensaciones

11 La ley 99 de 1993 establece funciones de control y vigilancia de las autoridades ambientales y sanciones en caso de violación de estas normas.

12 El decreto 358 de 2002 establece los requisitos que se deben cumplir para que la venta o la importación de los plaguicidas o sus materias primas esté excluida del impuesto sobre las ventas.

recibidas por concepto de la erradicación o renovación de los cultivos, o por concepto del control de plagas, cuando ésta forme parte de programas encaminados a racionalizar o proteger la producción agrícola nacional y dichos pagos se efectúen con recursos de origen público, sean estos fiscales o parafiscales (Montes y García, 2005). A partir de esta figura, puede evidenciarse que las actividades tendientes a disminuir los impactos ambientales negativos generados por el sector económico, como lo es el control de plagas, pueden dar lugar a la generación de incentivos ambientales donde la gestión del empresario sea reconocida a través de ayudas económicas o distinciones públicas que promuevan la rentabilidad de su negocio, al tiempo que se protegen y conservan los recursos naturales provenientes del medio.

A partir de la información anterior es importante resaltar que en los entornos nacional e internacional se han realizado diversas aproximaciones a la protección y conservación del recurso suelo, a través de la creación de leyes, decretos, tratados, convenios y convenciones, entre otros, que han logrado en cierta medida, incorporar en la conciencia ciudadana la importancia de preservar los recursos naturales. Sin embargo, es relevante mencionar que, si bien las políticas expuestas datan de varios años atrás, hoy en día es posible percibir algunas fallas en su implementación, pues aún se encuentran casos de desacatamiento e ignorancia sobre las medidas a adoptar.

Dado que particularmente en Colombia hay una débil capacidad institucional en el diseño y aplicación de instrumentos normativos y económicos, puede decirse que no existe un verdadero proceso de regulación de la contaminación del suelo en el país. Sólo se ha establecido una normativa ambiental que dado el bajo desempeño de las instituciones ambientales no logra una disminución real de los niveles de contaminación del suelo.

En este orden de ideas, es fundamental insertar al manejo de los recursos naturales el componente

económico, pues a través de este tipo de instrumentos puede lograrse un cambio de mentalidad que lleve en realidad a proteger y conservar el suelo.

3. APROXIMACIÓN ECONÓMICA AL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS

La normativa de los recursos naturales está directamente vinculada con el reconocimiento de la importancia que generan estos recursos para el ser humano y para el desarrollo de la vida en la tierra. En este sentido, se considera que una forma de demostrar esta importancia es a través de la valoración económica de los mismos, pues estas aproximaciones dan una idea general del valor económico y social del recurso y de lo que significaría su pérdida o deterioro para las actividades cotidianas del ser humano. Por esta razón, a continuación se enuncian diversos casos de valoración de los servicios ambientales que prestan los recursos naturales y se resalta la importancia económica del suelo y los recursos naturales en general para el funcionamiento de la sociedad.

3.1 Algunas aproximaciones a la valoración económica del recurso suelo

Pimentel y otros (1997) establecen el caso de la valoración económica del recurso suelo en Estados Unidos y en el entorno mundial, donde su principal objetivo es realizar un análisis costo-beneficio de la protección del recurso suelo, para lo cual encontraron que en promedio, una hectárea de suelo en ese país contiene 1.300Kg de lombrices, 1.000Kg de artrópodos, 3.000Kg de bacterias, 4.000Kg de hongos y otras plantas y animales, los cuales son importantes para la recolección de nutrientes básicos (nitrógeno, potasio, fósforo), que ayudan a la filtración del agua reduciendo la erosión, además, facilitan la formación de nuevo suelo. Para unos 4,5 billones de hectáreas cultivables, se contribuye con 125 mil millones de dólares, teniendo en cuenta que el valor por hectárea de suelo es de 400 millones de

dólares¹³. En Estados Unidos se gastan aproximadamente 150 mil millones de dólares cada año en la limpieza del aire, el agua y el suelo contaminado.

Según Pimentel y otros (1997), cada año los seres humanos y las cosechas generan aproximadamente 38 billones de toneladas de residuos en todo el mundo. Estos desechos son reciclados por una variedad de organismos degradadores. Se ha estimado que los beneficios económicos de la disposición de residuos es 0.02\$/Kg, (valor determinado teniendo en cuenta que el valor de recoger y disponer residuos orgánicos generados en the Village of Cayuga Heights, New York, o en la ciudad de Madison, Wisconsin, está entre 0.04\$/Kg y 0.044\$/Kg).

Por consiguiente, asumiendo un valor conservador de 0.02\$/Kg para todos los residuos orgánicos que son reciclados por degradadores, el valor de la contribución hecha por estos organismos es más de 62 mil millones de dólares por año en los Estados Unidos (donde 3.1 billones de toneladas de residuos orgánicos son reciclados) y más de 760 mil millones de dólares por año en todo el mundo. Este cálculo no tiene en cuenta el valor de los beneficios en la disminución de la contaminación ambiental, el reciclaje de nutrientes y la reducción de las enfermedades humanas.

En lo que se refiere a la biodiversidad y formación de suelo, el estudio encontró que las lombrices y otras especies invertebradas presentes en él traen entre 10ton/ha/año y 500ton/ha/año de suelo subsuperficial a su superficie y se estima que esta biota presente en el suelo, ayuda a la formación de aproximadamente 1ton/ha/año de suelo superficial (Pimentel, 1995). Teniendo en cuenta esta consideración y tomando un valor para la agricultura de 12 dólares por tonelada de superficie de suelo, el

valor total para la conservación de las actividades que desempeñan los organismos del suelo en la formación del mismo, sobre la tierra agrícola (aproximadamente 400 millones de hectáreas) está cercano a los 25 mil millones de dólares por año.

En relación con la fijación de nitrógeno, se encontró que más de 77 millones de toneladas de nitrógeno comercial son usadas en el mundo de la agricultura, cada año, a un costo de 38.5 mil millones de dólares. Este nitrógeno fijado es igual a aproximadamente la mitad de los fertilizadores de nitrógeno comercial aplicados en las fincas de Estados Unidos. A lo largo del mundo, $140 \cdot 10^6$ ton/año – $170 \cdot 10^6$ ton/año de nitrógeno, avaluado en aproximadamente 90 mil millones de dólares, es fijado por muchos microorganismos de ecosistemas agrícolas y naturales (Bezdicek y Kennedy (1988), Peoples y Craswell (1992)¹⁴.

Otro punto importante en el análisis es la resistencia de las plantas nativas a los parásitos. En este caso, el estudio determinó que en Estados Unidos dichas plantas previenen un 40% en pérdidas potenciales de los 20 mil millones de dólares que se gastarían en contrarrestar los problemas generados por parásitos y patógenos, lo que ahorra cerca de 8 mil millones por año. A lo largo del mundo, los ahorros son estimados en aproximadamente 80 mil millones de dólares por año.

Por último, con el estudio se encontró que la siembra de granos perennes¹⁵ genera diversos beneficios económicos dentro de los que pueden mencionarse las reducciones en la erosión, el empleo de combustibles fósiles y la disminución de la contaminación ambiental. Específicamente, las plantaciones de granos perennes podrían ahorrar aproximadamente 20 mil millones de dólares por año en erosión del suelo y 9 mil millones de dólares

13 Estos valores están a precios del año 1996.

14 Citados por Pimentel y otros (1997).

15 Especies vegetales que viven más de dos o tres años.

por año en consumo de combustibles. Adicionalmente, se ahorraría un billón de dólares por año en disminuciones de contaminación agrícola y ambiental porque el uso de plaguicidas y fertilizantes, se reduciría notablemente (Pimentel y Greiner, 1997).

Por otro lado, Machín y Casas (2006) presentan, como objetivo central, plantear la necesidad de la valoración económica de los recursos naturales a través de los diferentes enfoques de mercado en la búsqueda del establecimiento de un desarrollo sustentable. Para esto se enfocaron en regiones caribeñas donde se emplearon varios métodos de valoración económica (directa, indirecta y contingente, entre otros) aplicados a la pérdida de los servicios ambientales que presta un bosque, y concluyen que es evidente la necesidad e importancia del uso de la valoración económica ambiental, de modo que permita la práctica de políticas efectivas y económicamente eficientes para un manejo sustentable de especies y ecosistemas.

Estos autores plantean que el proceso de valorar económicamente el ambiente se da a través de la medición y cuantificación de la calidad ambiental debido a que los cambios que se producen generan cambios en el bienestar de las personas y que el empleo de los métodos de valoración económica ambiental permite conocer los beneficios que la sociedad atribuye a mejorar la calidad de los recursos naturales y los costos que los distintos niveles de intervención implican en el desempeño de los bienes y servicios ambientales.

Por su parte, Cruz (2007) presenta un aporte sobre la evaluación del proceso de la valoración de los bienes ambientales y los recursos naturales y la crisis de tal proceso a la luz de las teorías de las escuelas de pensamiento económico, enfatizando al final en la necesidad de la aplicación de un enfoque interdisci-

plinario en tales desarrollos. A partir de la información analizada en este estudio, se concluyó que el binomio Estado-empresa capitalista, es el principal responsable de las agresiones medioambientales, pues estas instituciones comparten patrones jerárquicos centralizados, burocráticos y coercitivos que se atienen al principio de que el fin justifica los medios.

De igual forma, específicamente para el recurso suelo, Cruz (2007) encontró que ante un problema de pérdida de suelo de bosque por procesos erosivos, la comparación de los valores potenciales de las cosechas antes y después de la erosión, constituyen sólo una aproximación parcial a la valoración del fenómeno y de sus importantes costos sociales, actuales y futuros. Así, se plantea que no sería adecuado otorgar el tratamiento de bienes gratuitos, o exclusivamente generadores de valores de uso, cuando de otra parte se otorga formalmente valor monetario a la sustitución de los servicios ambientales por medios artificiales (aplicación de fertilizantes químicos, por ejemplo).

Por último, Correa (2001) plantea el referente filosófico sobre el cual se fundamenta la valoración del ambiente, establece algunas comparaciones de valores económicos estimados para los servicios ambientales proporcionados por los grandes biomas del mundo y describe el modelo teórico y los problemas asociados a estos planteamientos. Igualmente, presenta la metodología y los resultados en la valoración de los servicios ambientales del valle de Aburrá. De esta manera, el método de valoración económica empleado fue la transferencia de valores fijos¹⁶; los ecosistemas analizados en el valle de Aburrá, seleccionados por ser estratégicos, fueron la cuenca de Piedras Blancas, el embalse de la Fe, el río Medellín-Porce, las cuencas de los ríos Grande y Chico, el cañón seco del Occidente Medio

16 Este método tiene como base fundamental el uso de valores económicos obtenidos en estudios previos, para estimar, mediante su transferencia, el valor económico de los cambios en ecosistemas naturales específicos (Correa, 2001).

Antioqueño, el altiplano del Oriente Antioqueño y los bosques naturales y plantaciones de la zona sur del valle de Aburrá.

En el estudio se concluyó que para realizar la valoración de estos ecosistemas es fundamental tener en cuenta cuatro criterios para identificarlos, los cuales facilitan la utilización de la perspectiva antropocéntrica: singularidad, riesgo de deterioro, sinergia e importancia urbana. La identificación de ecosistemas estratégicos a partir de estos criterios establece una base más adecuada para la valoración del flujo de bienes y servicios ambientales.

Asimismo, a partir del estudio se estimó un flujo anual de beneficios cercano a los nueve millones de dólares en el proceso de valoración de servicios ambientales proporcionados por ecosistemas estratégicos para el valle de Aburrá. La mayor parte de los servicios ambientales identificados como estratégicos no tienen un mercado donde transarse, por lo que la percepción del bienestar que pueden brindar dichos servicios ambientales no puede observarse por señales de precios de mercado. Estos nueve millones de dólares se dividen de la siguiente manera: 46.8%, prestación de servicio de recreación por parte del conjunto de ecosistemas que lo prestan; un 24.5% por regulación del clima (fijación de CO₂), 16.1% por producción de alimentos, 6.5% por el servicio de dilución y transporte de contaminantes y 6.1% por abastecimiento de agua.

En síntesis, puede decirse que el recurso suelo es importante no sólo como soporte para la vida, sino también como proveedor de insumos para las diversas actividades de la humanidad, dado el gran valor económico asociado a sus funciones ambientales.

Así, los estudios relacionados con los bienes y servicios ambientales que provee el suelo pueden servir, entonces, como fundamento para la creación de instrumentos económicos que favorezcan la protección de dicho recurso, en tanto provean estrategias que lleven a que los procesos productivos sean cada vez más eficientes.

4. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE INSTRUMENTOS ECONÓMICOS EN LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

La elección del tipo de instrumento económico a emplear para la normativa de la contaminación ambiental, específicamente aquella relacionada con el recurso suelo, está directamente asociada con el contexto del país en el cual se va a establecer dicha regulación, pues de su historia y experiencia previa con otros tipos de instrumentos económicos se puede llegar a determinar las acciones necesarias para implementar instrumentos efectivos en la consecución del principal objetivo ambiental: la conservación y preservación del recurso natural. Asimismo, la utilización en forma eficiente y consistente de instrumentos económicos en el tiempo puede llevar a mejorar las condiciones económicas y competitivas de las empresas, las regiones y los países.

El diseño de un instrumento económico debe estar mediado directamente por la cantidad y calidad de información que pueda obtenerse de cada una de las variables que hagan parte del mismo, pues de esta característica depende que en realidad se obtengan resultados confiables y ajustables a la realidad del recurso natural que se quiere regular (Sepúlveda, 2008). En este sentido, la elección de las variables a tener en cuenta para el diseño del instrumento debe considerar la disponibilidad de información, su capacidad de medición, confiabilidad, representatividad, entre otros. Igualmente, es importante tener en cuenta el grado de dinamismo y organización institucional, pues el cumplimiento de los requisitos ambientales legales, aplicables a la actividad propia de una compañía, puede mejorar su gestión ambiental y, a la vez, promover su acceso a los beneficios e incentivos estatales.

Por otra parte, es importante mencionar la necesidad de tener estudios de investigación que permitan concretar una línea base que determine los valores límite permisibles de los plaguicidas en

el suelo, pues estos datos son relevantes en el momento de establecer si un sitio está contaminado o alterado, y a partir de esto, seleccionar las acciones a seguir para su protección y cuidado.

Es fundamental mencionar que la creación de un instrumento económico como los incentivos ambientales, que permita regular el uso y aprovechamiento del recurso suelo asociado al uso de plaguicidas, está directamente relacionado con un entorno que favorezca y potencie la implementación de nuevas alternativas de manejo ambiental, como los bioplaguicidas o el control biológico, que permiten realizar un aprovechamiento sostenible de los recursos, de tal manera que no haya necesidad de impactar negativamente el suelo con la utilización de sustancias químicas que puedan vulnerar las condiciones naturales del entorno.

En este sentido, es importante resaltar que si bien las investigaciones sobre el control biológico datan de tiempo atrás, como lo evidencia Carson (1960)¹⁷, aún no se ha logrado diseminar plenamente su implementación a escala global, pues incluso hoy en día en algunos procesos productivos de diversos países, se siguen empleando sustancias químicas perjudiciales para el ser humano y el ambiente.

Otro punto en consideración es aquel que hace referencia al uso del incentivo económico como mecanismo de regulación en materia de contaminación de suelos por plaguicidas, pues si bien es importante mencionar que la motivación al empresario para implementar mecanismos de minimización de impactos ambientales negativos es vital en la gestión organizacional, no puede desconocerse que en determinados casos, en el ámbito mundial, podrán encontrarse organizaciones y usuarios de

los recursos naturales que de una forma desmedida continúen impactando negativamente el suelo, razón por la cual se plantea la creación de otro instrumento económico como las multas ex post, que en un caso determinado permitan frenar el aumento en los grados de contaminación generados dentro de un proceso productivo cuando se superan, en una gran proporción, los valores naturales del entorno, al tiempo que se busca obtener un compromiso real por parte de los entes involucrados para que se restaure el ecosistema o recurso afectado y se pueda dar lugar al uso del incentivo, a medida que se evidencie una buena gestión ambiental empresarial. (Correa, 2007).

De igual manera, es importante tener en cuenta aquellas empresas que aunque no causan impactos ambientales negativos a los recursos, no están cumpliendo con las normas ambientales específicas propias de su actividad, razón por la cual la creación de una multa ex ante puede ser un instrumento económico muy útil en la regulación del recurso suelo, pues por medio de ella, se pueden corregir los incumplimientos a las normas, al mismo tiempo que se puede favorecer la implementación de estrategias ambientales organizacionales que prevengan la generación de aspectos e impactos ambientales negativos.

Por último, es importante mencionar que la creación e implementación de un instrumento económico para el manejo de los recursos naturales, específicamente el suelo, es un reto que requiere de grandes esfuerzos institucionales y organizacionales en cuanto a la capacidad económica, social, logística, técnica y tecnológica que deben proporcionar tanto el Estado como las empresas privadas, para potenciar estas iniciativas y llevarlas a su plena ejecución.

17 Específicamente Carson (1960, p. 36) plantea: "*puede utilizarse una variedad extraordinaria de alternativas para el control biológico de insectos. Algunas están ya en uso y han conseguido brillantes éxitos. Otras están en la etapa de ensayos de laboratorio. Aún otras son poco más que ideas en la mente de científicos que aguardan la oportunidad de probarlas. Todas tienen esto en común: son soluciones biológicas, basadas en la comprensión de los organismos vivos que tratan de controlar la fábrica de la vida a la que pertenecen*".

5. CONCLUSIONES

Los recursos naturales son vitales para el desarrollo de las actividades cotidianas del ser humano, pues intervienen de diversas formas en sus relaciones y son esenciales para el logro de diversos satisfactores sociales que permiten generar una mejora en la calidad de vida de las personas. En este sentido, y haciendo énfasis en el recurso suelo, puede decirse que existe una relación directa entre las actividades económicas que desempeña el ser humano y el recurso natural como tal, pues de éste se obtiene un conjunto de materiales e insumos que son empleados en los procesos productivos de las unidades económicas y, además, son fundamentales para la supervivencia de la sociedad. Sin embargo, el uso intensivo e indiscriminado del suelo está generando un fuerte impacto ambiental negativo en el recurso, de tal forma que si no se propende por su protección y conservación, puede llegar a perder sus características y, por ende, su capacidad para ser empleado dentro de otros procesos productivos posteriores o como soporte para actividades de ocio y recreación, entre otras.

Asimismo, puede decirse que tanto en el entorno colombiano como en el mundial, se cuenta con una serie de normativas ambientales que pueden llevar a un adecuado aprovechamiento de los recursos naturales, no obstante, se reconoce también que en algunos casos, esta normativa es desconocida o poco aplicada, situación que va en detrimento de las características originales de cada recurso y puede llevar a una pérdida irreparable del mismo. En este sentido, se plantea entonces que en Colombia, si bien existen normativa e instituciones ambientales, hay una débil regulación

ambiental, puesto que el acople entre estos dos elementos, aunado con el uso de instrumentos económicos y de comando y control aún no se encuentra plenamente realizado.

Bajo este panorama, se considera entonces que uno de los mecanismos de regulación que puede llevar a la conservación y protección de los recursos naturales, como el suelo, es el diseño de instrumentos económicos que se ajusten a las características particulares del recurso y representen sus condiciones, de tal manera que logren obtener un verdadero beneficio económico, social y ambiental.

En este aspecto se considera importante la adopción de instrumentos económicos como los impuestos ambientales que dirijan las decisiones del sector agrícola hacia prácticas más sustentables y a una aplicación más eficiente de opciones que contrarresten los efectos negativos de sustancias como los plaguicidas. De esta manera, siguiendo las ideas de Oskam (1997)¹⁸, una primera aproximación en Colombia de aplicación de instrumentos económicos debe tener en cuenta: 1. Los impuestos a plaguicidas deben establecerse con base en el daño que provocan a la salud o al medio ambiente. Las sustancias más tóxicas deben tener el impuesto más alto y si es posible, su monto debe ser igual al daño marginal que causa a la sociedad (al tamaño de la externalidad). 2. El impuesto tendrá mayor éxito entre más fácil sea su recolección y entre más difícil sea su evasión. 3. Si el monto del impuesto recaudado se regresa a los mismos agricultores que sufren perjuicios derivados del impuesto entonces habrá un mayor grado de aceptación. Finalmente, es importante que el mecanismo de redistribución de los ingresos tenga costos de transacción muy bajos.

18 Citado por Muñoz y Ávila (2005, p. 45).

BIBLIOGRAFÍA

- AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente)–PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2002). Con los pies en la tierra: la degradación del suelo y el desarrollo sostenible en Europa: Un desafío para el siglo XXI. Problemas medioambientales, No. 16, 34p.
- BEZDICEK Y KENNEDY (1988). Symbiotic nitrogen fixation and nitrogen cycling in terrestrial environments. Oxford: Blackwell Scientific Publications, p. 241-260.
- CARSON, Rachel (1960). Silent Spring. USA. Drakontos, 163p.
- CEPEDA DÍAZ, Jairo Fernando (2003). Efectos sobre la salud de los contaminantes químicos ambientales. [En línea] Universidad del Norte, Buenos Aires, 2003. Disponible en: http://www.uninorte.edu.co/extensiones/IDS/Ponencias/salud_y_ambiente/Contaminacion%20quimica.pdf. [Fecha de consulta: Junio de 2008].
- CCE –Comisión de las Comunidades Europeas– (2002). Hacia una estrategia temática para la protección del suelo. [En línea] Comunicación de la comisión al consejo, el Parlamento Europeo, el comité económico y social y el comité de las regiones. Bruselas. Disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/ue.htm>. [Fecha de consulta: Septiembre de 2008].
- Colombia. Resolución 447, 1974, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 26p.
- Colombia. Decreto 2811, 1974, 59p.
- Colombia. Resolución 209, 1978, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 18p.
- Colombia. Ley 9ª, 1979, 120p.
- Colombia. Constitución Política de Colombia, 1991, 108p.
- Colombia. Decreto 1843, 1991, 58p.
- Colombia. Ley 99, 1993, 43p.
- Colombia. Decreto 358, 2002, 3p.
- Colombia. Decreto 1220, 2005, 25p.
- Colombia. Decisión Andina 436 del Acuerdo de Cartagena. Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 30p.
- Colombia. Estatuto Tributario, 406p.
- CORREA RESTREPO, Francisco Javier (2007). Evaluación económica de impactos ambientales: una guía metodológica para la determinación de la tasa social de descuento. Sello Editorial Universidad de Medellín, Colombia, 113p.
- CORREA RESTREPO, Francisco Javier (2001). Valoración económica de servicios ambientales en el Valle de Aburrá, Semestre Económico, No. 9, enero-junio, p. 107-130.
- COSTANZA, R. y FOLKE, C. (1997). Valuing Ecosystem Services with Efficiency, Fairness, and Sustainable Development, Biology, No. 6, p. 37-46.
- CRUZ CERÓN, Gabriel (2007). Valoración de bienes y recursos ambientales y naturales: el problema de la medición. [En línea] Revista Científica Luna Azul, No. 13. Universidad de Caldas. Manizales-Colombia, 2007. Disponible en: http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=com_content&task=view&id=172&Itemid=172. [Fecha de consulta: noviembre 17 de 2008].
- DORRONSORO FERNÁNDEZ, Carlos (2007). Edafología y química agrícola. [En línea] Universidad de Granada, España, 2007. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema10/import.htm>. [Fecha de consulta: Abril de 2008].
- ECHARRI, Luis (1998). Ciencias de la tierra y del medio ambiente. [En línea] Universidad de Navarra, España, Editorial Teide. 1998. Disponible en: <http://www.tecnun.es/Asignaturas/ecologia/Hipertexto/05PrinEcos/1.10Suelo.htm>. [Fecha de consulta: Marzo de 2008].
- ENRÍQUEZ, P. (2001). Evaluación del riesgo ambiental a la liberación de plaguicidas. Laboratorio de Ecotoxicología, Servicio Agrícola y Ganadero. Centro de tesis, documentos y publicaciones. Santiago–Chile, 111p.
- España, Ley 20, 1986, BOE 120, 12p.
- España, Ley 10, 1998, BOE 96, 10p.
- España, Real Decreto 9, 2005, BOE 15 28p.
- Fundación Ambiente y Recursos Naturales-FARN (2005). Marco legal aplicable al manejo integral de pesticidas. [En línea] Banco Mundial, Argentina. http://www.farn.org.ar/arch/informe_pesticidas1.pdf. [Fecha de consulta: Junio de 2008].

- GALDAMES, Domingo (2000). *Suelos*. [En línea] *Ingeniería Ambiental y Medio Ambiente*. España. Disponible en: <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/suelos.html>. [Fecha de consulta: Junio de 2008].
- KABATA-PENDIAS, A. y PENDIAS, H. (1992). *The anthroposphere*. En: *Trace elements in soils and plants*, 2nd Edition. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, 365 p.
- KOLSTAD, Charles (2001). *Economía ambiental*. México, Oxford University Press, 458p.
- LINARES, Reina M. (2007). *Evaluación ambiental de pesticidas organoclorados en sedimentos de la laguna de Chantuto (Chiapas, México) y de la bahía de Santander (Cantabria, España)*. Tesis doctoral, Universidad de Cantabria, España. *Ingeniería Química*. 180p.
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ, M. J.; PÉREZ SIRVENT, C.; TUDELA, M. L.; MOLINA RUIZ, J.; LINARES MORENO, P.; NAVARRO HERVÁS, C.; VIDAL OTÓN, J.; BARBERÁN MURCIA, R.; MANTILLA, W.; TOVAR FRUTOS, P. J.; SOLANO MARÍN, A. M.; MARIMÓN SANTOS, J.; AGUDO J, I. y HERNÁNDEZ PÉREZ, C. (2005). *Desertificación: monitorización mediante indicadores de degradación química*. Programa de iniciativa comunitaria INTERREG IIIB ESPACIO MEDOCC. Proyecto Desernet, Acción piloto Región de Murcia, Ed. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. 107 p.
- MACHÍN HERNÁNDEZ, María Mercedes y CASAS VILARDELL, Mayra (2006). Valoración económica de los recursos naturales. *Revista Latinoamericana y Caribeña de Desarrollo Sostenible*, No. 13, Vol. 4, Cuba, p. 45-68.
- MONTES, Carolina y GARCÍA, María del Pilar (2005). *Plaguicidas catalogados como contaminantes orgánicos persistentes (COP) y su reglamentación jurídica*, en: *Lecturas sobre derecho del medio ambiente*, Tomo VI. Universidad Externado de Colombia. Colombia, p. 229-256.
- MUÑOZ, Carlos y ÁVILA, Sara (2005). *Los efectos de un impuesto ambiental a los plaguicidas en México*. *Gaceta ecológica*, N° 074. Enero-marzo, p. 43-53.
- OSKAM, A.J. (1997). *The economics of pesticides: an overview of the issues*. En: OSKAM, A.J. y VIJFTIGSCHILD, T.A.M. (eds.). *Proceedings and discussions of the Workshop on pesticides*. Wageningen, p. 360-384
- PAPALE, S. (2003). *Plaguicidas ¿Venenos útiles?*. [En línea] *Fundación Nueva Tierra. Eco Portal: Net, El Directorio Ecológico y natural, Australia*, 2003, <www.ecoport.net>, [Fecha de consulta: Marzo de 2008].
- PEOPLES Y CRASWELL (1992). *Biological nitrogen fixation: investments, expectations and actual contributions to agriculture*. *Plant and soil* 141, p. 13-39.
- PIMENTEL, David (1995). *Environmental and economics costs of soil erosion and conservation benefits*. *Science*, No. 267, p. 1117-1123.
- PIMENTEL, David; WILSON, Christa; MCCULLUM, Christine; HUANG, Rachel; DWEN, Paulette; FLACK, Jessica; OHYNH, Tran.; SALTMAN, Tamara y CLIFF, Barbara (1997). *Economic and Environmental Benefits of Biodiversity*. *BioScience*, No. 11, p. 747-757.
- PIMENTEL David y GREINER, A. (1997). *Environmental and socio - economics impacts of pesticide use*, p. 51-78, en: Pimentel, David, editor, *Techniques for reducing pesticide use: environmental an economics benefits*. United Kingdom, John Wiley & Sons, 516p.
- PORTA, J.; LÓPEZ ACEVEDO, M. y ROQUERO, C. (1994). *Degradación de suelos y calidad ambiental*. En: *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 807p.
- SANCLEMENTE, Gloria (2000). *Bases legales para el diseño y aplicación efectiva de cargos por contaminación en países en desarrollo*, Curso "cargos por contaminación". World Bank Institute, The Andean Center for Economics in the Environment, p. 1-10.
- SOLANO MARÍN, Antonia María (2005). *Movilización de metales pesados en residuos y suelos industriales afectados por la hidrometalurgia del cinc*. Tesis Doctoral, Doctorado en Química, Facultad de Química, Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología, Universidad de Murcia, España, 370p.
- SEPÚLVEDA, Rubén (2008). *Valoración económica del uso recreativo del parque Ronda del Sinú en Montería-Colombia*, Semestre económico Vol. 11, No. 22, p. 67-90.
- VILLARREAL, Federico; VILLANOVA, Ingrid; GONZÁLEZ, Paz; LAZZARINI, Andrés y PARRA, Patricia (2004). *Discusión conceptual acerca de la amortización del suelo*. Instituto de economía y sociología (INTA), Argentina, 20p.