

Agroecosistemas con probables riesgos a la salud por contaminación con metales pesados

Agroecosystems with Probable Health Risks Due to Heavy Metal Contamination

Dr. C. Damarys García-Céspedes^I, Dr. C. Lázaro A. Lima-Cazorla^I, Dr. C. Lourdes Ruiz-Gutiérrez^{II}, Dr. C. Jorge L. Santana-Romero^{III}, Dr. Pablo A. Calderón-Peñalver^I

damarysgc@gmail.com

^IUniversidad Técnica "Luis Vargas Torres" de Esmeraldas, Ecuador; ^{II}Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador; ^{III}Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicada, La Habana, Cuba

Recibido: 5 de Abril 2015

Aprobado 3 de Agosto de 2015

Resumen

Se presentan fundamentos teóricos asociados a la gestión ambiental en agroecosistemas con probables riesgos a la salud por contaminación con metales pesados. Los efectos adversos que provocan los metales pesados para la salud humana son conocidos, no obstante, evitar la exposición de las personas a los metales pesados es difícil en países con menor desarrollo económico. La gestión inadecuada de la actividad agrícola desde el punto de vista ambiental, la ejecución de prácticas agrícolas inapropiadas sin tener en cuenta las características del suelo o la aplicación de cantidades excesiva de fertilizantes minerales a los suelos, constituyen elementos de riesgos a la salud. El desarrollo de modelos de gestión agrícola con un enfoque más ligado al medio ambiente y socialmente más sensibles, que consideren la salud humana como elemento esencial, son aspectos de alta prioridad para la sociedad actual.

Palabras clave: gestión ambiental, agroecosistemas, contaminación, metales pesados.

Abstract

In this paper an approach to the theoretical basics associated with environmental management in agroecosystems with probable health risks due to pollution with heavy metals is made. Adverse effects caused by heavy metals to human health have been known for a long time, however, prevent human exposure to heavy metals is not an easy mission especially in undeveloped countries. Mismanagement of agriculture from the environmental point of view, implementation of inappropriate agricultural practices without taking into account soil characteristics or the application of excessive amounts of mineral fertilizers to soils are elements of health risks. The development of agricultural management models linked with a more environmentally and socially sensitive approach to consider human health, as an essential element in social development, are issues of high priority for current society.

Keywords: environmental management, agroecosystems, pollution, heavy metals.

Introducción

El concepto de medio ambiente ha evolucionado desde una concepción donde solamente se tenía en cuenta el medio físico, a una concepción más amplia que abarca además el medio social, económico, cultural y el propio desarrollo histórico. Uno de los grandes retos de la humanidad para los próximos años lo constituye el abastecimiento alimentario, en el cual la agricultura juega un rol fundamental. Ella establece un complejo proceso de producción de alimentos que requiere cada vez más una gestión ambiental adecuada. Los enfoques productivistas empleados como filosofía en la obtención de mayores producciones, originaron, y aun generan, riesgos asociados a la contaminación de los agroecosistemas [1-4].

Aunque a través de procesos naturales se producen incorporaciones de metales pesados al medio ambiente, sin lugar a dudas, las actividades urbanas e industriales han sido el principal responsable de la contaminación ambiental por estas sustancias en las últimas décadas [5]. Los metales pesados pueden ser ingeridos por el hombre a través del consumo de agua contaminada o de alimentos con altos niveles de estos tóxicos. En cualquier caso, los efectos dañinos generados en los seres humanos por estas sustancias están ampliamente documentados [6, 7].

Durante años, se consideró que los intereses de la agricultura y la protección del medio ambiente eran contrapuestos. En la actualidad se corrobora que es posible conciliar ambas situaciones, auxiliándose por ejemplo de la gestión ambiental, para alcanzar el desarrollo sostenible [8, 9].

La necesidad de un medio ambiente sano, en el cual se pueda proyectar la vida, es tan básica como la misma alimentación para subsistir. La gravedad de las eventualidades ambientales, coloca a los científicos en una dinámica social, que necesita replantear su perspectiva de desarrollo [10]. Una producción estable solo se puede llevar a cabo dentro de una organización social que proteja la integridad de los recursos naturales y que asegure la interacción equilibrada de los seres humanos, el agroecosistema y el medio ambiente [11].

Gestión ambiental

El concepto de gestión ambiental se asocia a la interacción de las actividades humanas con el medio ambiente. Actualmente existen varios conceptos de gestión ambiental. En la Ley 81 del Medio Ambiente de Cuba se expresa: “la gestión ambiental está basada en un conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, el mejoramiento, la rehabilitación y el monitoreo del medio ambiente, así como el control de la actividad del hombre en esta esfera” [12].

Existen disímiles puntos de vista a la hora de definir el concepto de gestión ambiental o de especificar sus objetivos, pues en el estudio de los problemas ambientales se unen numerosas ciencias como biología, geografía, física, química; economía, contabilidad, derecho, ética, política y otras ciencias sociales. Las diferencias entre los conceptos radican, fundamentalmente, en las formaciones profesionales de cada uno de los autores. No obstante, la mayoría coincide en que la gestión ambiental proporciona las herramientas para alcanzar el desarrollo sostenible. La gestión ambiental es un proceso encaminado a mejorar, mitigar y compensar los impactos ambientales que se producen en un entorno determinado.

Los instrumentos de la gestión ambiental son herramientas de actuación, tanto del gobierno como de la sociedad en general. Cada uno de ellos tiene capacidad propia para contribuir al logro de los objetivos propuestos, pero su mayor eficiencia viene dada por el equilibrio que se logre en la aplicación del conjunto de éstos [13].

La evolución de la gestión ambiental ha transitado por diferentes momentos, en los que la relación economía-medio ambiente y la percepción de la sociedad sobre los daños causados al mismo, han modelado su proyección hasta la actualidad, estableciéndose cinco paradigmas históricos (economía frontera, ecología profunda, protección ambiental, gestión de recursos y ecodesarrollo). Cada uno de ellos marcó una etapa del desarrollo, y con ello una forma de encarar la gestión ambiental, donde prima en sentido general el punto de vista antropocéntrico [14].

El enfoque sistémico en la gestión reconoce la estructura jerárquica del ambiente, lo que permite ajustar los niveles de decisión sobre las relaciones causa-efecto con la aprobación de su validación y retroalimentación como base del mejoramiento permanente y admitir, identificar y predecir patrones de desarrollo de los ecosistemas alterados o creados por el hombre, para manejar sus condiciones ambientales y mejorar el estado de los recursos naturales y la calidad de vida de los seres humanos [15-17].

La gestión ambiental constituye una estrategia que organiza y armoniza las actividades antrópicas, empleando la prevención y mitigación de los problemas ambientales, y con ello contribuye a alcanzar una adecuada calidad de vida para los seres humanos [18, 19].

Gestión ambiental de agroecosistemas

Los agroecosistemas son gestionados por los seres humanos que toman los productos primarios y secundarios derivados, entendidos como bienes y servicios donde ha pesado, fundamentalmente, la necesidad de alimentación. Su historia está caracterizada

por un control progresivo y una intensificación de los procesos biológicos que en ellos se desarrollan a fin de incrementar la producción de alimentos y otros productos. Durante el siglo XX, los agroecosistemas permitieron satisfacer a escala global, la demanda de alimentos de una población mundial que se triplicó y consumió el 20 % de la producción total de la biomasa que produjo el planeta. Los resultados obtenidos tuvieron un alto costo económico y ambiental. Tal como se ha enfatizado, en las dos últimas décadas, los avances en la agricultura están inevitablemente asociados con alteraciones profundas de los ecosistemas naturales [20].

Machado y Campos (2008) definen el agroecosistema como un área que se ha transformado para favorecer el cultivo agrícola, en el cual intervienen, además de los factores naturales, las acciones humanas, las que están acordes con la cultura, las creencias, las costumbres, las motivaciones y las tecnologías que este utiliza [21]. Constituyen ecosistemas que se utilizan para la agricultura en formas parecidas, con componentes similares e interacciones y funciones semejantes, comprenden policultivos, monocultivos y sistemas mixtos, e incluyen los sistemas agropecuarios, agroforestales, silvopastoriles, la acuicultura y las praderas, los pastizales y las tierras en barbecho. Están en todo el mundo, desde los humedales y las tierras bajas hasta las tierras áridas y las montañas, y su interacción con las actividades humanas, comprendidas las actividades socioeconómicas y la diversidad cultural es determinante.

El agroecosistema es un ecosistema artificial ocasionado por la intervención humana. El hombre con su intervención busca mayor producción neta, lo que implica nuevos flujos y circulaciones no presentes en los ecosistemas naturales. Aparece la energía exosomática; los flujos de dinero y de tecnologías; de materiales alóctonos, naturales y artificiales; el transporte terciario; las interacciones culturales, políticas, religiosas, legislativas y otras de carácter antrópico. El agroecosistema es un modelo de ecosistema diseñado, por lo que puede tener el carácter de recurso natural y, a la vez, antropogénico [22].

Los agroecosistemas no terminan en los límites del campo de cultivo o de la finca, puesto que ellos son influenciados por factores de tipo cultural. Sin embargo, el límite social, económico o político de estos es difuso, puesto que está mediado por procesos decisionales intangibles que provienen tanto del ámbito del agricultor como de otros actores individuales e institucionales. Aunque la matriz de vegetación natural circundante y las características de los demás elementos biofísicos influyen en la

dinámica de los agroecosistemas, las señales de los mercados y las políticas nacionales agropecuarias también determinan qué se producirá, cuándo, con qué tecnología, a qué ritmo y para qué clase de consumidores, para abrir más así el espectro de lo que puede entenderse como borde o límite de los agroecosistemas [23].

La agroecología como ecología de los sistemas agrarios tiene como objetivo principal el conocimiento de elementos y procesos claves que regulan el funcionamiento de los agroecosistemas, con el fin de establecer las bases científicas para una gestión eficaz de los sistemas agrarios en armonía con el ambiente. La gestión de los sistemas agrarios mediante la utilización de criterios ecológicos se basa en un principio fundamental: la diversificación del sistema, que se entiende en un amplio sentido, puesto que no abarca solo la biodiversidad, sino también la diversidad ambiental y la gestión [24].

Sanz (2007) propuso el diseño de modelos de gestión agraria basados en un enfoque más ligado al medio ambiente y socialmente más sensible, centrados, no únicamente en la producción, sino también en la estabilidad ecológica de los sistemas de producción, lo que permite armonizar la producción agraria, la conservación de los recursos naturales y el desarrollo social [25].

La estabilidad y resiliencia resultan dos conceptos claves a considerar en el análisis de los ecosistemas, dados porque la estabilidad se refiere a la capacidad de las poblaciones para retornar al equilibrio, después de ocurrida alguna alteración de los ecosistemas, y la resiliencia se refiere a un concepto más amplio que mide la propensión de los ecosistemas a mantener sus principales rasgos después de una alteración. En consecuencia, se debe entender que si bien la resiliencia se relaciona con la diversidad sistémica, con la complejidad y la interconexión de los ecosistemas, la estabilidad por su parte se relaciona con el equilibrio al que pueden llegar los ecosistemas, una vez superada alguna alteración [26].

La complejidad y la estabilidad de los sistemas agrícolas, de manera parecida a la de los sistemas naturales, se basa en su diversidad. Esta diversidad, se encuentra constituida por un mosaico de elementos. El paisaje agrario se conforma por una serie de flujos (materiales, energía, organismos, etcétera) horizontales y verticales, dentro de cada uno de ellos, en interacción con el uso local de los recursos propios de la cultura rural, y constituye la base para una gestión de agroecosistemas sostenibles y el diseño de prácticas que mantengan o aumenten la fertilidad, la productividad y la calidad de las producciones.

Las acciones antrópicas son las principales causas que catalizan procesos ascendentes o descendentes en un grado de resiliencia y estabilidad, donde el equilibrio dinámico de los ecosistemas se hace relativo, y este varía en el tiempo de acuerdo con el grado de intervención de las actividades humanas.

El concepto de integralidad ecológica se encuentra asociado con la capacidad de mantener un sistema biofísico equilibrado e integrado, con una composición de especies y organización funcional comparable con los sistemas naturales de una determinada región ecológica [27]. Este concepto no es aplicable a los agroecosistemas, dado el alto grado de antropización que presentan; no obstante, sí se puede considerar el concepto de salud ecosistémica, y aplicarse a los ecosistemas con determinado grado de intervención con insumos y prácticas de manejo, que se ejecutan en el mismo.

Se considera que un ecosistema es saludable cuando provee un continuo flujo de bienes y servicios, y mantiene la capacidad de responder a futuras necesidades. Gómez (2007) señala que términos como el de salud, describen ideas relacionadas con la ausencia de contaminantes, la defensa de componentes esenciales y procesos limpios [28]. La menor complejidad ecológica que requiere la agricultura, no tiene porqué implicar el uso de contaminantes, de transgénicos, reforestaciones uniformes y paisajes ruinosos, ríos canalizados o sucios.

Para mantener agroecosistemas complejos y estables, semejantes a los sistemas naturales, se requiere reducir o eliminar de forma considerable diferentes prácticas tales como el monocultivo, la fertilización química, el total control de las especies silvestres mediante laboreos convencionales o la aplicación de herbicidas, el control de plagas por medio de pesticidas, dichas prácticas deben sustituirse por la diversificación de los hábitats mediante las rotaciones, los policultivos, los cultivos de cobertura, el mantenimiento de la vegetación de las márgenes, la fertilización orgánica y los laboreos superficiales, los cuales contribuyen a un mejor funcionamiento de los agroecosistemas.

Contaminación con metales pesados. Riesgos para la salud humana

Dentro de las sustancias tóxicas altamente peligrosas para la salud, tanto humana como de los agroecosistemas, se encuentran los metales pesados y algunos metaloides, entre ellos el cadmio (Cd), plomo (Pb), cinc (Zn), cobre (Cu), níquel (Ni), mercurio (Hg), arsénico (As) y cromo (Cr). Los mismos son no biodegradables y pueden sufrir transformaciones químicas y biológicas en el medio ambiente, convirtiéndolas en

sustancias de alto riesgo [18]. Los metales pesados cubren una diversa e importante gama de contaminantes [29-32].

Los metales pesados son conocidos por ser persistentes en el cuerpo humano, para los cuales los períodos de excreción pueden durar décadas; estos pueden conducir a una amplia gama de efectos tóxicos, como carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos [33].

Entre las principales fuentes antropogénicas para los metales pesados se encuentran las actividades agrícolas, metalúrgicas, la energía tanto en su producción como transporte, además de los productos microelectrónicos y la deposición de residuos [34]. La presencia de determinados elementos de riesgos a la salud por presencia de los contaminantes químicos en los ecosistemas, tiene su origen en fenómenos tales como la contaminación de los suelos donde se desarrolla la actividad agrícola, la contaminación del agua de riego, las deposiciones atmosféricas a partir de aerosoles contaminados y el intenso tráfico automotriz en áreas cercanas a los agroecosistemas [35]. El suelo contaminado con metales es una vía fundamental de exposición de estos elementos tóxicos para los seres humanos [29].

La exposición a sustancias tóxicas, cuyas causas muchas veces residen en el uso incorrecto o una inadecuada gestión de productos químicos, tiene lugar a través de diferentes mecanismos que llegan a los seres humanos, animales y plantas. Entre las vías de exposición más importante se encuentran la oral, la absorción dérmica y la inhalación de contaminantes [36-38]. La exposición, principalmente con plomo, mercurio, cadmio y arsénico, constituye una seria amenaza para la salud humana.

La acumulación en los suelos agrícolas de metales pesados puede provocar no sólo la contaminación del suelo, sino también consecuencias para la calidad y seguridad alimentaria. Por lo tanto, es un elemento esencial a controlar por la calidad de los alimentos, dado que la absorción de la planta es una de las principales vías por las que los metales pesados se incorporan en la cadena alimentaria [39].

Las verduras se contaminan con metales pesados, y estos se acumulan en las partes comestibles y no comestibles en cantidades suficientemente altas como para causar problemas clínicos para los animales y los seres humanos. La ingestión de verduras que contienen metales pesados constituye una de las principales formas en que estos elementos entran en el cuerpo humano. Una vez introducidos, los metales pesados se depositan en los tejidos óseos y grasos, minerales nobles superpuestos, etcétera.

Lentamente los metales pesados se liberan en el cuerpo, donde pueden causar una serie de enfermedades [6, 7].

El consumo de productos alimenticios contaminados puede conducir a la acumulación incesante de metales tóxicos en el hígado y el riñón de los seres humanos, lo que provoca alteraciones en los procesos bioquímicos y en el hígado, riñón, sistema cardiovascular, sistema nervioso y trastornos óseos [40]. Puede agotar seriamente algunos nutrientes esenciales en el cuerpo que causan una disminución de las defensas inmunológicas, discapacidades asociadas a la desnutrición y una alta prevalencia de cáncer gastrointestinal superior [6].

Oliver (1997) señaló que la presencia de Pb y Cd en el suelo y vegetales en algunas zonas de Rumania, en específico en Copsa Mica y Baia Mare, contribuyó significativamente a disminuir la esperanza de vida humana en varios años en las zonas afectadas. Otros elementos como el Cr, Co y Ni, aunque esenciales para el hombre, en concentraciones superiores a las recomendadas, pueden causar trastornos metabólicos [41].

La movilidad de los metales pesados en el suelo y, por tanto, la absorción por las plantas, está relacionada con diversos mecanismos de asociación de los metales con la fase sólida. En esta asociación influyen diferentes factores como son el pH del suelo, contenido de materia orgánica, potencial redox, contenido de carbonato de calcio y niveles de hierro y manganeso, por eso la necesidad de estudiar su macro composición y algunas de sus propiedades, para entender el paso de los metales del suelo a las plantas [31].

El impacto de los elevados contenidos de los metales pesados en el medio ambiente es aun mayor por la mala degradabilidad que estos presentan, lo que resulta en la bioacumulación y el transporte a lo largo de eslabones sucesivos de la cadena alimentaria [42]. Se han realizado varios estudios para evaluar los riesgos de salud de la población, debido a la exposición a metales pesados a través de diversas vías de exposición, especialmente el suelo y la cadena alimentaria [30, 43].

Este tema es sumamente discutido en la actualidad por su nivel de impacto en diferentes poblaciones en el contexto internacional. De manera general se reconoce, que el crecimiento urbano en todos los países constituye una de las causas por la cual los suelos, que alguna vez pertenecieron a industrias, vertederos industriales o minería,

poseen un alto nivel de contaminación. El interés por el estudio de las áreas consideradas de riesgo potencial a la salud ha crecido ostensiblemente [44-47].

Agroecosistemas con probables riesgos a la salud por contaminación con metales pesados

La tierra se convirtió en un espacio para la producción agraria, y se transformó en un medio de producción con el desarrollo de las actividades agrícola y ganadera, ambas valoradas como importantes actividades contaminantes a nivel mundial. Durante años, el desarrollo creciente de estas actividades consideró, de forma inadecuada, la dinámica de los ecosistemas (no linealidad) y que estos poseen variados estados de equilibrio y transición, además de contar con mecanismos de regulación que son impredecibles e irreversibles, y ocurren a escala temporal y espacial.

La condición de riesgos de contaminación química, depende de las consideraciones legales de cada sociedad. Las normativas legales asociadas al control y caracterización de la misma son diferentes en cada país y dependen de condiciones naturales, el nivel de desarrollo, así como de capacidades experimentales e instrumentales existentes.

El riesgo es considerado como el resultado esperado por las pérdidas o daños causados por un evento amenazante ante una determinada comunidad, y presenta una función directa entre la amenaza y la vulnerabilidad [48]. En su connotación ambiental, el riesgo es una expresión de las posibles pérdidas o implicaciones potenciales, que una actividad antrópica consciente puede ocasionarle a un recurso; entendiéndose por tal, una reserva forestal, una especie en vía de extinción, un ecosistema frágil o una fuente de agua superficial o subterránea. Quedan también incluidos bajo esta definición, los riesgos sobre aquellos recursos, cuyo potencial presente o futuro sea importante para una comunidad, o incluso en consideración que en el presente, su utilidad sea nula.

La contaminación se puede correlacionar con parámetros químicos o físico-químicos medibles, para los cuales se establecen valores de referencia, conocidos como patrones ambientales. Surge entonces una definición operacional que caracteriza a la contaminación como la introducción en el medio ambiente de cualquier forma de materia o energía que puede afectar, negativamente, la salud humana u otros organismos.

El grado de perturbación que puede presentar un ecosistema es variado. Si la perturbación es leve, el ambiente pudiera recuperarse espontáneamente. A partir de un cierto nivel de degradación, la recuperación espontánea del medio no tiene lugar o

solamente se da en un plazo muy largo, a partir de que la fuente contaminante sea retirada o reducida. En la mayoría de los casos se impone una acción correctiva del hombre. La recuperación ambiental de un medio es un término general, que designa la aplicación de técnicas de manejo que tratan de cambiar un medio degradado hacia uno apto para un nuevo uso productivo, basado en su sostenibilidad [49].

Se destacan como aspectos importantes en el planeamiento y manejo de los agroecosistemas, su posición respecto a las vías de comunicación terrestre, carreteras de alto tráfico y autopistas, mediante la disposición de cortinas rompe-viento, para apantallar la contaminación proveniente de las carreteras y el empleo de otras alternativas que mitiguen la deposición de material particulado atmosférico contaminado [2].

Los niveles de contaminación por metales pesados que se encuentran asociados a los suelos y aguas de riego como resultado de las deposiciones atmosféricas, aditivos, enmiendas orgánicas o aplicación de compuestos fitosanitarios o plaguicidas, no siempre son conocidos y la determinación de estos contaminantes en los productos agrícolas no es sistemática, salvo raras excepciones. No está estipulado un programa de monitoreo que analice la actividad agrícola de los productores y todas sus variables asociadas, como centro del posible estado de salud de una comunidad, tal y como se propugna necesario por diferentes autores [46, 47].

La amplitud de los rangos estimados se debe a la diferencia de calidad y grado de avance en los inventarios y a la heterogeneidad de criterios con que se definen los suelos contaminados, se cuantifican los riesgos aceptables y se adoptan los instrumentos y metodologías de caracterización en los diferentes países. La presencia en el suelo de elementos tóxicos para la salud humana y/o los ecosistemas supone riesgo que de ser inaceptable, exige la implantación de medidas correctoras acordes con las características del caso [50].

Conclusiones

- Los agroecosistemas con evidencias de contaminación química presentan afectaciones en la salud ecosistémica, pérdidas en la integridad ecológica, manejo no sensato de los recursos agua y suelo, dependencia de altos insumos externos, uso inadecuado de la aptitud del suelo, incorrecto manejo de la nutrición de los cultivos.

- Las inadecuadas prácticas agrícolas que se ejecutan en los agroecosistemas, que favorecen la entrada de metales pesados contaminantes a los suelos, constituyen un riesgo permanente a la salud humana por lo que se hace necesario que se establezcan controles efectivos y sistemas de monitoreo sistemáticos a las entidades productivas por parte de los sistemas nacionales de salud.

Referencias bibliográficas

1. POGGIO, L.; VRŠČAJ, B.; SCHULIN, R.; HEPERLE, E.; MARSAN, F. A. "Metals pollution and human bioaccessibility of topsoils in Grugliasco (Italy)". *Environmental Pollution*, 2009, 157(2), 680-689.
2. SÄUMEL, I.; KOTSYUK, I.; HÖLSCHER, M.; LENKEREIT, C.; WEBER, F.; KOWARIK, I. "How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany". *Environmental Pollution*, 2012, 165, 124-132.
3. FERNÁNDEZ-CALIANI, J. "Risk-based assessment of multimetallic soil pollution in the industrialized peri-urban area of Huelva". *Environ Geochem Health*, 2012, 34, 123-139.
4. CHAPMAN, E.; DAVE, G.; MURIMBOH, J. "Ecotoxicological risk assessment of undisturbed metal contaminated soil at two remote lighthouse sites". *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2012, 73, 961-969.
5. YILMAZ, F. "The comparison of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb and Zn) in tissues of three economically important fish (*Anguilla anguilla*, *Mugil cephalus* and *Oreochromis niloticus*) inhabiting Köycegiz Lake-Mugla (Turkey)". *Turkish Journal of Science and Technology*, 2009, 4(1), 7-15.
6. GUERRA, F.; TREVIZAM, A. R.; MURAOKA, T.; MARCANTE, N. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. "Heavy metals in vegetables and potential risk for human health". *Scientia Agricola*, 2012, 69(1), 54-60.
7. BERTI, W. R.; GUISEPPI-ELIE, A.; QUINN, E.; JENSEN, R. H.; COCKING, D. "Evaluation of garden crop mercury uptake and potential exposure from consumption of garden crops grown on floodplain soils". *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 2013, 19(1), 215-231.
8. MATÍAS, G. "Los indicadores del Desarrollo Sostenible". Ponencia presentada en la VI Reunión de Economía Mundial. Badajoz, 2004.

9. ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. “Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación”. *Ecosistemas*, 2007, 16(1), 3-12.
10. NÚÑEZ, L.; ESPINA, M.; MARTÍN, L.; VEGA, L.; RODRÍGUEZ, A.; ÁNGEL, G. *Perspectiva metodológica en las percepciones socioambientales*. La Habana: Editorial Caminos, 2008.
11. IBÁÑEZ, J.; BELLO, A.; GARCÍA, A. “La conservación de los suelos europeos. Un análisis crítico de la actual estrategia de la Unión Europea”. *Protección del suelo y el desarrollo sostenible*, 2005, 6, 133-161.
12. LEY NO. 81 DEL MEDIO AMBIENTE. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, 1997, año XCV. No. 7, 47.
13. NEGRÍN, R. I. *et al.* “La importancia de un sistema de gestión ambiental en las instalaciones deportivas”. *Revista Digital*. Buenos Aires, 2007, Año 11. N° 106. <http://www.efdeportes.com/>
14. MERAYO, A., BARZAGA, O. “El perfeccionamiento de la gestión ambiental desde el análisis de riesgo para la toma eficiente de decisiones”. *Ciencias Holguín*, 2010, 16(2), 1-11.
15. GULH, E. El ordenamiento territorial y la planificación ambiental integral. Conceptos y Lineamientos. *Vida y Región*, 2000, t. 2, 66. Consultado el 5 de diciembre de 2011 desde <http://www.quinaxi.org/index.php>
16. VEGA, L. Gestión ambiental sistémica. Un nuevo enfoque funcional y organizacional para el fortalecimiento de la gestión ambiental pública, empresarial y ciudadana en el ámbito estatal. SIGMA Ltda., Colombia, 2001.
17. MENA, O. Gestión Ambiental para el Desarrollo Sostenible. Módulo III *Guía Didáctica*. 2 Ciclo. UTPL Loja, 2009, 30.
18. CÉSPEDES, D. G. *et al.* “Evaluación de la gestión ambiental en agroecosistemas con potencial de riesgos para la salud por presencia de metales pesados”. *Investigación y Saberes*, 2015, 4(1), 45-56.

19. GARCÍA CÉSPEDES, D. *et al.* “Diagnóstico ambiental para agroecosistemas con probables riesgos a la salud por presencia de contaminación por metales pesados”. *Revista Médica Electrónica*, 2013, 35(4), 351-363.
20. GÓMEZ SAL, A. “Sostenibilidad ecológica y dimensiones evaluativas en la agricultura”. *Cuaderno Técnico*. Sociedad Española de Agricultura Ecológica, 2013, 73 p.
21. MACHADO, H.; CAMPOS, M. “Reflexiones acerca de los ecosistemas agrícolas y la necesidad de su conservación”. *Pastos y Forrajes*, 2008, 31(4), 20-24.
22. SARANDÓN, S. J.; FLORES, S. J. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Universidad Nacional de La Plata, 2014, ISBN 978-950-34-1107-0.
23. LEÓN, T. “Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción”. *Agroecología*, 2009, 4, 7-17.
24. BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A.; DÍEZ-ROJO, M. A.; LÓPEZ-CEPERO, J.; GARCÍA-ÁLVAREZ, A. “Principios ecológicos en la gestión de los agrosistemas”. *Arbor*, 2008, 184(729), 19-29.
25. SANZ, F. La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas*, 2007, 16(1), 44. Consultado el 24 de mayo de 2011. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=463>.
26. COMMON, M.; PERRINGS, C. “Towards an ecological economics of sustainability”. *Ecological Economics*, 1992, 6(1), 7-34.
27. KARR, J. “Health, integrity, and biological assessment: The importance of measuring whole things”, 2000, 209-226. En: PIMENTEL, D.; WESTRA, L.; NOSS, R. F. (Eds.), *Ecological Integrity: Integrating environment, conservation, and health*. Island Press, Washington, D. C. Covelo California.
28. GÓMEZ, A. “Componentes del valor del paisaje mediterráneo y el flujo de servicios de los ecosistemas”. *Revista Ecosistemas*, 2007, 16(3), 45-53.
29. MAHMOOD, A.; MALIK, R. N. “Human health risk assessment of heavy metals via consumption of contaminated vegetables collected from different irrigation sources in Lahore”. *Arabian Journal of Chemistry*, 2014, 7(1), 91-99.

30. MARI, M.; NADAL, M.; SCHUHMACHER, M.; DOMINGO, J. L. "Exposure to heavy metals and PCDD/Fs by the population living in the vicinity of a hazardous waste landfill in Catalonia, Spain: Health risk assessment". *Environment International*, 2009, 35(7), 1034-1039.
31. OLIVARES, S.; GARCÍA CÉSPEDES, D.; LIMA CAZORLA, L.; SABORIT SÁNCHEZ, I.; LLIZO CASALS, A.; PÉREZ ALVARES, P. "Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la Ciudad de La Habana, Cuba". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 2013, 29(4), 285-294.
32. DÍAZ RIZO, O.; LIMA CAZORLA, L.; GARCÍA CÉSPEDES, D.; TORRES LEYVA, O.; OLIVARES RIEUMONT, S.; BLANCO LÓPEZ, Y. T. "Estudio del contenido de metales pesados en suelos urbanos agrícolas adyacentes a una planta de acero mediante fluorescencia de rayos X". *Nucleus*, 2015, (57), 38-43.
33. PUTILA, J. J.; GUO, N. L. "Association of arsenic exposure with lung cancer incidence rates in the United States". *PLoS One*, 2011, 6(10), e25886.
34. ZHOU, Q.; ZHANG, J.; FU, J., SHI, J.; JIANG, G. "Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem". *Analytica Chimica Acta*, 2008, 606(2), 135-150.
35. NABULO, G.; BLACK, C. R.; CRAIGON, J.; YOUNG, S. D. "Does consumption of leafy vegetables grown in peri-urban agriculture pose a risk to human health?". *Environmental Pollution*, 2012, 162, 389-398.
36. ARGENTI, O. *Alimentar a las ciudades: provisión y distribución de alimentos*. Visión 2020, Punto de Enfoque 3, IFPRI. Washington, D.C., 2000.
37. GRISTO, P.; SALVARREY, A. *Guía para la Identificación y Evaluación Preliminar de Sitios Potencialmente Contaminados*. 2da Edición. Proyecto Plan Nacional de Implementación Convenio de Estocolmo. Uruguay, 2006.
38. CREMATA, L.; CUESTA, O. A.; LIMA, L. A.; MANDUCA, M. "Influencia de los tipos de situaciones sinópticas en la deposición total de metales pesados. Caso de estudio". InSTEC. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 2014, 15(2), 151-160.

39. ANTONIOUS, G. F.; KOCHHAR, T. S. "Mobility of heavy metals from soil into hot pepper fruits: a field study". *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2009, 82(1), 59-63.
40. JÄRUP, L. "Hazards of heavy metal contamination". *British medical bulletin*, 2003, 68(1), 167-182.
41. OLIVER, M. A. "Soil and human health: a review". *European Journal of Soil Science*, 1997, 48, 573-592.
42. CIESIELSKI, T.; PASTUKHOV, M. V.; SZEFER, P.; JENSSEN, B. M. "Bioaccumulation of mercury in the pelagic food chain of the Lake Baikal". *Chemosphere*, 2010, 78(11), 1378-1384.
43. MAN, Y. B. *et al.* "Health risk assessment of abandoned agricultural soils based on heavy metal contents in Hong Kong, the world's most populated city". *Environment International*, 2010, 36(6), 570-576.
44. RÖMBKE, J. "Tools and Techniques for the Assessment of Ecotoxicological Impact of Contaminants in the Terrestrial Environment". *Human and Ecological Risk Assessment*, 2006, 12, 84-101.
45. LEAKE, J. R.; ADAM-BRADFORD, A.; RIGBY, J. E. "Health benefits of 'grow your own' food in urban areas: implications for contaminated land risk assessment and risk management". *Environmental Health*, 2009, 8(1), S6.
46. RASHED, M. "Monitoring of contaminated toxic and heavy metals, from mine tailings through age accumulation, in soil and some wild plants at Southeast Egypt". *Journal of Hazardous Materials*, 2010, 178, 739-746.
47. CACHADA, A. *et al.* "Major inputs and mobility of potentially toxic elements contamination in urban areas". *Environmental Monitoring and Assessment*, 2013, 185(1), 279-294.
48. RAMÍREZ, D.; ZULUAGA, A.; GÓMEZ, E. "Evaluación del riesgo de contaminación por metamidofos en la microcuenca el Salto del Municipio del Santuario", Antioquia. *Revista EIA*, 2007, 8, 165-180.
49. SÁNCHEZ, P. *Avaliacao de Impacto Ambiental. Conceitos e métodos*, SP: Oficina de Textos, 1ra. Reimpresión, 2008, 48.

50. KAIFER, M. J. *et al.* *Guía de Tecnologías de Recuperación de Suelos Contaminados*. Comunidad de Madrid. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Madrid, 2004, 175 pp.