

## Control de la contaminación de los suelos: un desafío para la humanidad



### Control of soil contamination: a challenge for humanity

Corrales-Pérez, Daniel

Daniel Corrales-Pérez  
dcorrales@coresgeoambiental.com  
CORES Consultores GeoAmbientales, Nicaragua

**La Calera**  
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua  
ISSN: 1998-7846  
ISSN-e: 1998-8850  
Periodicidad: Semestral  
vol. 18, núm. 31, 2018  
[Edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni](mailto:Edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni)

Recepción: 24 Mayo 2018  
Aprobación: 17 Octubre 2018

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/306/3061274011/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.5377/calera.v18i31.7903>



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

**Resumen:** La problemática de la contaminación de los suelos se está convirtiendo en un tema prioritario para gobiernos, universidades y organizaciones. El manejo, regulación y control de productos químicos utilizados en el control de plagas y en los procesos productivos industriales y empresariales, así como, la gestión inclusiva de los residuos descargados hacia el suelo de forma accidental o intencional, deben ser parte de los principales retos y desafíos que hoy en día debe emprender la sociedad. De lo contrario, la diversidad de funciones que desempeñan los suelos se verán afectadas y consecuentemente se generarán problemas de salud pública.

**Palabras clave:** geodisponible, peligroso, biodisponible, resiliencia.

**Abstract:** The problem of soil contamination is becoming a priority issue for governments, universities and organizations. The management, regulation and control of chemical products used in the control of pests and in the industrial and business production processes, as well as, the inclusive management of waste discharged to the ground accidentally or intentionally, should be part of the main challenges that society must undertake today. Otherwise, the diversity of functions performed by soils will be affected and consequently public health problems will be generated.

**Keywords:** Geoavailable, dangerous, bioavailable, resilience.

**EL CRECIMIENTO POBLACIONAL QUE EXPERIMENTA ACTUALMENTE LA SOCIEDAD TRAE CONSIGO LA DEMANDA DE BIENES Y SERVICIOS PARA SATISFACER SUS NECESIDADES (GUSTOS, PREFERENCIAS ETC.). SIN EMBARGO, PARALELAMENTE AL CRECIMIENTO POBLACIONAL HAY UN AUMENTO DE LOS VOLÚMENES DE DESECHOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASEOSOS EN EL MEDIOAMBIENTE QUE SON EMITIDOS POR ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS.**

Universalmente, los suelos por sus potenciales y funciones son destinados para diversos usos, no obstante, después de varias décadas y siglos de utilización, se están convirtiendo en vertederos o sumideros de residuos de naturaleza potencialmente tóxica, provenientes de la minería, agricultura, agroindustria, ganadería, estaciones de combustibles y autolavado, sector transporte, e industrias en general. Los residuos pueden ser peligrosos, es decir, toda sustancia, compuesto, o elemento químico que presente algunas de las siguientes características: inflamable, tóxico, persistente, mutagénico, cancerígeno, irritantes, corrosivo etc.

Los compuestos orgánicos e inorgánicos emitidos por las actividades antes descritas pueden ser clasificados como: metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, hidrocarburos alifáticos y cíclicos, bifenilos policlorados, plaguicidas organoclorados, organofosforados y carbamatos, piretroides, nitratos, triazinas, dioxinas y furanos etc. En general los residuos que se descargan en el suelo contienen: arsénico, cloro, cromo, cobre, cadmio, carbono, cobalto, fósforo, hierro, hidrógeno, mercurio, manganeso, plomo, nitrógeno, talio, zinc, vanadio entre otros. Estos elementos químicos pueden contaminar los suelos y otros compartimentos ambientales (ríos, acuíferos, aire) y consecuentemente afectar la salud humana y ambiente.

En general el concepto de contaminación es mal empleado por muchos ambientalistas y profesionales y se usa de forma errónea y arbitraria, sin considerar las falsas expectativas, alerta, y descontrol que pueda ocasionar en la sociedad. Generalmente se cree que toda sustancia o compuesto orgánico e inorgánico, que los seres humanos descargan sobre el suelo accidental o intencionalmente es “contaminación”.

Los suelos se contaminan cuando las concentraciones de una sustancia, compuesto, o elemento químico generan un efecto directo sobre las plantas, animales y humanos. Sin embargo, no hay que esperar a reconocer o identificar los efectos (muerte, intoxicaciones, cáncer etc.) en los seres vivos para valorar que un suelo está contaminado. En este sentido, se realizan pruebas de toxicidad con ratones, moluscos, algas y otros organismos, para identificar los niveles de las sustancias que generan toxicidad en los seres vivos. Una vez comprobados los niveles que causan efectos tóxicos se establecen valores en las normas oficiales internacionalmente como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Es importante destacar que la concentración total de una sustancia en los suelos no necesariamente ocasiona afectaciones en los seres vivos. Es decir, que la concentración biodisponible y geodisponible de un elemento químico es la que determina en gran medida, que contenido de la concentración total puede ser móvil y peligroso para generar efectos sobre la salud humana y ambiente.

En otro particular, existen casos donde los elementos químicos que están en los suelos se encuentran en concentraciones que generan efectos sobre la salud humana, pero su origen es geogénico o natural. La contaminación natural debe ser manejada con mucha cautela y precaución, porque puede convertirse en una estrategia y mecanismo para que las industrias y empresas puedan evadir sus responsabilidades de remediación de sitios contaminados.

## SUSTANCIAS Y ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS (EPT) DETECTADOS EN SUELOS DE NICARAGUA

### Compuestos orgánicos persistentes.

Los suelos agrícolas de León y Chinandega en el pasado fueron destinados para el establecimiento del cultivo de algodón y durante el control de plagas se utilizaron intensivamente compuestos organoclorados, entre los que se destacan: Toxafeno, Diclorodifenil tricloroetano, Dieldrín, Endrín, Lindano, Endosulfán entre otros. Los pesticidas organoclorados son compuestos orgánicos persistentes en el medio ambiente y en los campos de algodón fueron utilizados intensivamente en la época de los 80's e inicios de los 90's. En el departamento de Chinandega (Estero-Naranjo) fueron colectadas muestras de suelos para evaluar los riesgos toxicológicos del Toxafeno. Las concentraciones oscilaron entre 17 300 mg kg<sup>-1</sup> por peso seco – 38 000 mg kg<sup>-1</sup> por peso seco y fueron las más altas con respecto a otros plaguicidas organoclorados que presentaron concentraciones menores a 500 mg kg<sup>-1</sup> por peso seco (Carvalho et al., 2003). De hecho, las aplicaciones excesivas de Toxafeno en los algodones de Occidente generaron efectos sobre la salud humana, biota del suelo y ecosistemas acuáticos (Cruz-Granja et al., 1997; Carvalho et al., 2003).

## Metales pesados.

En el relleno sanitario conocido como “La Chureca” - Managua se realizó una investigación para evaluar la exposición ocupacional y ambiental por metales pesados en personas que laboran y viven en los alrededores de La Chureca. En el estudio se reportaron mayores concentraciones de plomo ( $15 \text{ mg kg}^{-1}$  -  $214 \text{ mg kg}^{-1}$ ), cromo ( $12 \text{ mg kg}^{-1}$  -  $417 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y cobre ( $156 \text{ mg kg}^{-1}$  -  $1057 \text{ mg kg}^{-1}$ ) en suelos que se encuentran próximos al relleno sanitario con respecto a las concentraciones de estos mismos metales, detectadas en suelos de Acahualinca (Cuadra, 2005).

## Hidrocarburos.

López, (2005), realizó una investigación para determinar la concentración, migración, y distribución de compuestos volátiles (benceno, tolueno, etilbenceno, xileno, conocidos por BTEX por sus siglas en inglés). En el estudio se analizaron muestras del subsuelo cada 2 m de profundidad con base a la litología de un pozo de monitoreo. Las concentraciones de hidrocarburos oscilaron entre las siguientes concentraciones ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ): tolueno (0.27 – 0.73), etilbenceno (0.48 – 0.52), m-xileno (0.21 – 0.55), p-xileno (0.46 – 0.76). Las concentraciones de benceno se detectaron por debajo del límite de detección de la técnica analítica. En general las concentraciones de BTEX detectadas en los estratos de suelos, se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles establecidas en la Norma Oficial Mexicana 138 para suelos de uso residencial (SEMARNAT, 2012).

En general, es probable que existan muchos más casos de suelos potencialmente contaminados que han sido afectados por actividades antrópicas, y que no han sido reportados, estudiados, ni encontrados durante la revisión bibliográfica.

## RESILIENCIA DE LOS SUELOS.

La resiliencia de los suelos (elasticidad, amplitud, maleabilidad) está determinada por la resistencia y capacidad de recuperación de los suelos a las condiciones de estrés, alteraciones o disturbios ambientales de origen natural (huracanes, incendios etc.) o antrópico (contaminación, salinización, acidificación, etc.). De igual modo, como parte del concepto es importante destacar que en algunas condiciones los suelos pueden recuperarse de las perturbaciones, y en otras situaciones es irreversible (Lal, 1997). La resiliencia es un concepto ecológico que puede ser de gran utilidad durante el proceso de evaluación y manejo sostenible de los suelos.

La resiliencia de los suelos depende de procesos (formación de suelos, reciclaje de nutrientes, sucesión), factores (calidad del suelo, clima, biodiversidad, terreno) y causas (uso y manejo de la tierra, socioeconómicas, políticas) que define las clases o variabilidad de los suelos en términos de resiliencia. Es decir, que existen suelos altamente resilientes, resilientes, moderadamente resilientes, ligeramente resilientes y no resilientes.

La resiliencia de los suelos ante la contaminación depende de la actividad microbiológica y consecuentemente de la capacidad de la biota del suelo de biodegradar todas las sustancias y compuestos que puedan ingresar a los suelos. Por ejemplo, los suelos orgánicos o fértiles tienen mayor resiliencia a la contaminación que suelos infértiles.

La estrategia para aumentar la resiliencia natural de los suelos ante la contaminación y otros procesos de degradación debe ir orientada a mantener o aumentar la actividad microbiológica de los suelos. Por consiguiente, se deberá de incrementar los contenidos de materia orgánica en los suelos y promover los sumideros de carbono, a través de la incorporación de residuos de cosechas, abonos orgánicos, evitar la compactación del suelo ya que disminuye la oxigenación del suelo de vital importancia para los

microorganismos, y campañas contra la quema agrícola entre otras. Así mismo, se debe priorizar el uso de productos biodegradables en los procesos productivos y de industrialización, así como, en el desarrollo de actividades económicas vinculadas a la generación de productos de consumo humano.

En otro sentido, las funciones ambientales (filtro amortiguador, suministro de alimento, secuestro de carbono, etc.) de los suelos pueden verse afectadas, ya que los suelos no pueden soportar o revertir los efectos de la contaminación y por consiguiente se tiene que recurrir a la aplicación de técnicas o alternativas de remediación de suelos.

La bioremediación es una de las técnicas más utilizadas en Nicaragua para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos. La técnica consiste en utilizar bacterias (*Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Sphingomonas*, etc.) para biodegradar y/o transformar los compuestos orgánicos, en menos peligrosos o no peligrosos. Por lo tanto, se deberán crear las condiciones adecuadas de temperatura, pH y humedad para la proliferación de los microorganismos. El tratamiento del suelo puede ser *in situ* o *ex situ*. Otra alternativa que pudiera generar excelentes resultados en Nicaragua es la fitoremediación, que consiste en la utilización de plantas con características ideales para eliminar los contaminantes del suelo.

## RECOMENDACIONES

Implementar prácticas sostenibles que disminuyan los impactos ambientales ocasionados por la aplicación de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades y reactivos químicos destinados para el proceso productivo de varias industrias en el país.

Desarrollar investigación con un alto rigor científico que permita entender los procesos geoquímicos que ocurren en el suelo, para la implementación de estrategias y acciones orientadas a la remediación de sitios contaminados. Por otro lado, para innovar o generar tecnologías que puedan recuperar o restaurar los suelos contaminados.

Promover y fomentar el uso de productos con alta capacidad de biodegradarse, de tal forma, que pueda disminuir los riesgos ambientales y sociales derivados del uso de productos persistentes o tóxicos.

Fortalecer las capacidades técnicas y académicas de las universidades, laboratorios y profesionales nicaragüenses dedicados a las ciencias del suelo.

Fomentar la aplicación de técnicas de remediación de suelos que se ajusten a las condiciones de Nicaragua para maximizar el uso de recursos humanos, técnicos y económicos destinados a restablecer las condiciones de los sitios afectados por las actividades antrópicas.

## REFERENCIAS

- Cuadra, S. 2005. Child labour and health hazards: Chemical exposure and occupational injuries in Nicaraguan children working in a waste disposal site. Faculty of Medicine, Lund University.
- Cruz-Granja, AC; Dorea, JG; Romero, ML. 1997. Organochlorine pesticides in adipose tissue of Nicaraguan mothers. *Toxicological & Environmental Chemistry* 60(1-4):139-147.
- Carvalho, FP; Montenegro-Guillen, S; Villeneuve, JP, Cattini, C; Tolosa, I; Bartocci, J; Cruz-Granja, A. 2003. Toxaphene residues from cotton fields in soils and in the coastal environment of Nicaragua. *Chemosphere* 53(6):627-636.
- López Blanco, MEDS. 2005. Estudio de la contaminación por hidrocarburos volátiles BTEX) en un sitio de derrame de Gasolina, Colonia Unidad de Propósito, Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua, NI. 107 p.
- Lal, R. 1997. Degradation and resilience of soils. *Philosophical transactions of the royal society of London B: Biological Sciences* 352(1356): 997-1010.

Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.