

Los Metales Pesados y su Efecto Contaminante

Introducción

Los metales pesados son elementos químicos altamente dañinos que contaminan el aire, el agua, el suelo y las plantas cuando se absorben en altas concentraciones o se depositan en el suelo. Por una parte, la composición química de la roca madre y los procesos de meteorización condicionan, de forma natural, la presencia de diferentes metales pesados en los suelos, pero también las actividades antropogénicas contribuyen con este fenómeno, ya que muchos metales pesados que han contaminado los



Figura 1. La composición química de la roca madre y los procesos de meteorización, condicionan de manera natural la presencia de metales pesados en los suelos.

suelos provienen de actividades industriales, mineras y agrícolas, así como de residuos sólidos urbanos.

Desde el punto de vista biológico, los metales pesados se clasifican en dos grupos. En un primer grupo están aquellos que hasta el momento no presentan una función biológica conocida y que su presencia puede llegar a limitar el crecimiento vegetal e incluso ser tóxico para las plantas, animales y seres humanos. En un segundo grupo están los llamados oligoelementos o micronutrientes, cuya función es esencial para que las plantas, animales y seres humanos completen su ciclo vital, pero que a elevadas concentraciones pueden causar efectos negativos sobre los seres vivos.

Efecto de los metales pesados sobre el suelo

El suelo es un cuerpo natural cuya función es sostener la vida vegetal y ser hábitat de muchos microorganismos, además es de especial interés para la agricultura dentro del

ámbito de la fertilidad del suelo. El suelo es el principal medio donde las plantas obtienen sus nutrimentos minerales esenciales para su desarrollo y crecimiento, sin embargo, es común encontrar otros elementos químicos como los metales pesados, cuya presencia en el suelo y su posterior absorción por la planta afecta el crecimiento y desarrollo de éstas, ya que tienden a acumularse y son altamente tóxicos.

En este sentido, hoy en día se habla de contaminación del suelo por metales pesados cuando el contenido de estos excede considerablemente los valores habituales o dentro de los rangos normales. Una concentración de metales pesados fuera de los valores normales altera las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, además una



Figura 2. Los metales pesados afectan la fertilidad del suelo.

acumulación de estos elementos representa un riesgo para la salud humana y a los ecosistemas. Los metales pesados y metaloides más comunes son: arsénico (As), cadmio (Cd), cobalto (Co), Cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb), estaño (Sn), zinc (Zn), entre otros.

Cuadro 1. Concentraciones geoquímicas normales y anormales de algunos elementos traza en suelos.		
Fuente: Bowie & Thornton, 1985.		
Elemento	Rango normal (ppm)	Concentraciones anormales (ppm)
As	< 5 – 40	Hasta 2500
Cd	< 1 – 2	Hasta 30
Cu	2 – 60	Hasta 2000
Mo	< 1 – 5	10 – 100
Ni	2 – 100	Hasta 8000
Pb	10 – 150	10000 o más
Se	< 1 – 2	Hasta 500
Zn	25 – 200	10000 o más

Son diversos los efectos directos o indirectos de los metales pesados sobre el suelo. En primer lugar los suelos contaminados por metales pesados son áreas ya no aptas para la agricultura, ya que la calidad del suelo se pierde al tener elementos que limitan el desarrollo normal de los cultivos. Por otra parte, la acumulación de metales pesados favorece la erosión del suelo, ya que al no contar con las condiciones adecuadas para el desarrollo de la vegetación, el suelo queda totalmente susceptible a ser erosionado por el agua o el aire, perdiendo gradualmente su fertilidad. Además, la biota del suelo se ve afectada por el desequilibrio del suelo, pues al no tener vegetación la fuente de materia orgánica para los microorganismos es restringida.

Efecto de los metales pesados en las plantas

A menudo algunos cultivos pueden desarrollarse de manera normal en suelos con presencia de metales pesados, es decir, sin aparente daño. Sin embargo, los vegetales pueden acumular estos compuestos y son potencialmente peligrosos para el consumo humano y animal. Cuando el suelo tiene una alta concentración de algún metal pesado, las plantas no están exentas de los efectos nocivos de estos, al contrario, los metales pesados al estar disponibles en la solución del suelo son absorbidos por las plantas y causan el fenómeno conocido como fitotoxicidad, que no es otra cosa que el efecto dañino de alguna sustancia en el tejido vegetal que impacta negativamente en el crecimiento y desarrollo de la planta, el reduciendo e incluso puede ocasionar la muerte de la misma.

Si un suelo está contaminado con metales pesados, la disponibilidad de estos para las plantas depende de diferentes factores como las características del suelo (textura, pH, contenido de materia orgánica, entre otras), presencia de microorganismos, y finalmente la capacidad de los vegetales para absorber metales pesados. Cabe destacar que los vegetales tienen diferentes respuestas morfológicas y fisiológicas a la contaminación de suelos por metales pesados, ya que algunas son sensibles a bajas concentraciones, otros pueden desarrollar mecanismos de tolerancia y un número limitado de especies son capaces de acumular cierta cantidad de metales pesados dentro de sus tejidos sin sufrir toxicidad.

Un primer efecto de los metales pesados se manifiesta como un retraso en la germinación de las semillas de las plantas, ya que los metales pesados inhiben este proceso. Cuando la germinación tiene lugar, los embriones sufren alteraciones morfológicas y fisiológicas que disminuyen el crecimiento de los vegetales e incluso terminan muriendo.

En la mayoría de las plantas, los síntomas de la toxicidad por los metales pesados se manifiesta como una disminución del crecimiento de las raíces principales, laterales y secundarias. Lo anterior impide severamente la absorción de minerales esenciales y agua, lo que repercute en el crecimiento de la planta y el rendimiento.

Además, la absorción de los metales pesados por los cultivos es el primer eslabón para la entrada de estos a la cadena alimenticia. Posteriormente las plantas suelen translocarlos a las partes comestibles de los cultivos (hojas, tubérculo, semillas y frutos), y finalmente el hombre al cosechar estas partes lo puede incorporar a la alimentación animal o directamente a su dieta, poniendo en riesgo la salud.

Cuadro 2. Grupos de metales y metaloides según su disponibilidad y riesgo para la cadena alimentaria.				
Fuente: Chaney, 1980.				
Grupo	Metal	Adsorción en el suelo	Fitotoxicidad	Riesgo para la cadena alimentaria
1	Ag, Cr, Sn, Ti, Y y Zr	Baja solubilidad y fuerte retención en el suelo	Baja	Bajo riesgo, porque ellos son tomados en menor grado por las plantas
2	As, Hg y Pb	Adsorbidos fuertemente por los coloides del suelo	Las plantas pueden absorber pero no translocarlos a los tallos o generalmente no son fitotóxicos excepto a concentraciones muy altas	Causa mínimos riesgos para la cadena alimentaria humana
3	B, Cu, Mn, Mo, Ni y Zn	Menos fuertemente adsorbido al suelo comparado con los grupos 1 y 2	Fácilmente tomados por las plantas, son fitotóxicos a concentraciones que causan bajo riesgo a la salud humana	Conceptualmente la barrera "suelo-planta" protege a la cadena alimentaria de estos elementos

4	Cd, Co y Se	Menor grado de adsorción al suelo en relación a los otros metales	Causan riesgo en la salud humana o animal a concentraciones en el tejido de la planta que generalmente no son fitotóxicas	Existe bioacumulación a través de la cadena alimentaria suelo-planta-animal.
---	-------------	---	---	--

El comportamiento de cada uno de los metales pesados en el suelo es diferente, por lo que es fundamental realizar un análisis químico de metales pesados del suelo para conocer la concentración de cada elemento y en caso de detectar la presencia anormal de alguno de estos, tomar acciones de remediación, etc. También debemos ser conscientes que en los suelos agrícolas una vía de entrada de metales pesados es a través de la aplicación de fertilizantes, plaguicidas, estiércol, entre otras. Por lo tanto, resulta indispensable conocer las características de los agroinsumos usados con la finalidad de prevenir la acumulación de metales pesados en el suelo.

Fuentes consultadas

Galán, H. E.; Romero, B. A. 2008. Contaminación de Suelos por Metales Pesados. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla. Sevilla, España. 13 p.

García, C.; Moreno, J. L.; Hernández, M. T.; Polo, A. 2002. Metales Pesados y sus Implicaciones en la Calidad del Suelo. Ciencia y Medio Ambiente. CCMA-CSIC. 14 p.

Reyes, Y. C.; Vergara, I.; Torres, O. E.; Díaz, M.; González, E. E. 2016. Contaminación por Metales Pesados: Implicaciones en la Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 N° 2, pp. 66-77.

Navarro, A. J.P.; Alonso, A.; López, M. J.R. Aspectos Bioquímicos y Genéticos de la Tolerancia y Acumulación de Metales Pesados en Plantas. Ecosistemas 16 (2): 10-25.