

Trabajo de Revisión

Toxicología Clínica

## Mercurio: implicaciones en la salud y el medio ambiente

Carlos Federico Molina Castaño<sup>1</sup>, Catalina María Arango Álzate<sup>2</sup>, Marcela Serna González<sup>3</sup>.

1. Docente Facultad de Ciencias Forenses y de la Salud. Médico Especialista en toxicología clínica. Investigador grupo de Investigación de Ciencias Forenses y de la Salud GICFS.
2. Investigadora del grupo de epidemiología. Docente Facultad Nacional de Salud Pública . Universidad de Antioquia
3. Docente Facultad de Ciencias de la Tierra y del Ambiente. Ingeniera Forestal, M. Sc. Investigadora Grupo de Investigación en Temas Agroambientales INTEGRA

Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria

Investigadora Grupo de Investigación en Temas Agroambientales INTEGRA

Correspondencia: Carlos Federico Molina Castaño, A.A. 011421, [cmolina@tdea.edu.co](mailto:cmolina@tdea.edu.co), Tecnológico de Antioquia, Tel. 57-4-547082, Fax 57-4-4547050.

## Resumen

Aunque el mercurio, metal líquido, se presenta en la naturaleza, las actividades antropogénicas contribuyen al aumento de sus concentraciones, tanto en su estado orgánico, como inorgánico. A continuación, se presenta una revisión general sobre este metal, su ciclo e impacto tanto en el medio ambiente como en la salud humana, a partir de estudios realizados en diversos países incluyendo Colombia.

**Palabras clave:** mercurio, contaminación, salud humana, medio ambiente, bioacumulación.

## Abstract

### *Review article: Mercury: its implications in Health and Environment*

The liquid metal, mercury, found in the nature, is increasing due to the anthropic activities not only in its organic but also its inorganic way. A general review about this metal is presented, including its cycle and impact in the environment and human health. This work was made based on studies from many countries including Colombia.

**Keywords:** mercury, contamination, environment, human health, plants, bioaccumulation.

## Introducción

El mercurio (Hg) es un metal líquido a temperatura ambiente y se encuentra en la naturaleza en las formas de mercurio inorgánico y orgánico (1, 2). Las fuentes de mercurio pueden ser tanto naturales como antropogénicas; la principal fuente natural de mercurio la constituyen los volcanes, mientras que las fuentes antropogénicas son una gran cantidad de procesos que implican manipulación del mercurio, situación que conlleva a que se contamine el ambiente y se intoxiquen miles de personas.

Los niveles de mercurio en el medio ambiente han aumentado desde el inicio de la era industrial, lo cual está afectando a los seres humanos y a la vida silvestre (3-6). Son múltiples los oficios vinculados con la utilización del mercurio a nivel mundial como la minería del oro y plata, los joyeros y la compraventa de oro, fabricantes de amalgamas, odontólogos, técnicos de histología y muchas más ocupaciones (2-5, 7).

La principal fuente de contaminación por mercurio a nivel mundial es la minería a de oro a pequeña escala (8-10). Se calcula que las emisiones anuales de mercurio ocasionada por la minería del oro a pequeña escala son de 800-1000 toneladas anualmente (8-11) y de estas, aproximadamente el 50% procede de las operaciones de América Latina (11).

Colombia no se aleja de la perspectiva mundial, donde la contaminación por mercurio proviene principalmente de la minería aurífera que se realiza en forma completamente artesanal, con el empleo de mercurio metálico en los procesos de beneficio (12).

Varios estudios evidencian contaminación por mercurio en peces de zonas con alto grado de contaminación (13-16), así como la afectación de los sistemas acuáticos por este metal (17, 18). La contaminación de peces y fuentes acuáticas, ocasionada por el mercurio en el medio ambiente, ocasiona la acumulación en los seres humanos, lo que causa una afectación de la salud principalmente, en áreas donde se realiza minería a pequeña escala del oro; estos efectos han sido bien documentados en la literatura (1, 19, 20) y se conocen desde hace más de 50 años (21, 22).

En Colombia, los efectos adversos más comunes en la salud de las personas son las afectaciones neurológicas manifestadas por cambios neurocomportamentales como el insomnio, la pérdida de la memoria, irritabilidad, depresión y labilidad emocional y el temblor, además de efectos estomatológicos como la caída de dientes y la aparición de ulceraciones orales (12, 23, 24).

### **Ciclo Global Del Mercurio**

El mercurio tiene un ciclo global: al evaporarse el mercurio elemental, que es una forma estable y poco soluble en agua, se transporta por las corrientes de aire y se acumula en las nubes o neblinas donde es oxidado, para luego precipitarse a los ecosistemas terrestres a través de lluvia o nieve (3, 5, 25-27). Posteriormente, el mercurio precipitado, sufre una metilación por parte de los microorganismos y es convertido a metilmercurio, que es considerado como su forma más tóxica (28, 29).

Adicionalmente, esta forma tiene la capacidad de acumularse en organismos (bioacumulación) y concentrarse en las cadenas alimentarias (biomagnificación) (5, 6) como es el caso de los tejidos de los peces, donde la acumulación es 106 veces más alta que el agua circundante(4, 5, 20, 25, 29-31).

### **Efectos en la salud**

La absorción del mercurio puede ocurrir por cualquier vía, de acuerdo con la forma de mercurio ya sea orgánico e inorgánico.

La vía respiratoria es la más importante en los ambientes de trabajo, incluyendo la minería. Se calcula que el 80 % de los vapores inhalados se absorben en el alvéolo, en especial los de mercurio metálico (2, 32-34). La vía digestiva es poco importante en las intoxicaciones profesionales, dado que el mercurio metálico casi no se absorbe por esta vía, mientras que para los derivados orgánicos es la vía más importante como es el caso del metilmercurio el cual se absorbe en un 95% (1, 5).

En cuanto a las mujeres en estado de gestación el metilmercurio atraviesa fácilmente la barrera placentaria y se acumula en el feto con eventos graves sobre la salud (5, 20).

Bajo su forma ionizada, el mercurio se fija en los sustituyentes orgánicos celulares ricos en grupos-SH (sulfidriilo); es capaz de unirse también con grupos fosforilos, carboxilo, amida y amina, afectando así a diversos sistemas principalmente el sistema nervioso central, estomatológico, renal y dérmico. Su acción toxica se centra en la inhibición de diversas enzimas claves para el funcionamiento del organismo, pero dicho efecto no se reduce a estos cambios sino que puede generar precipitación de proteínas sintetizadas por las neuronas, disminuye la producción energética celular y la actividad mitocondrial por disfunción enzimática (32-36).

El mercurio también perturba los sistemas de transporte del túbulo proximal renal, transporte de potasio y ATP-asa de membrana. Disminuye el transporte activo de azúcares, aminoácidos y precursores de ácido nucleico en las proteínas estructurales y en los complejos enzimáticos, provocando así la muerte celular. Al parecer, las células más sensibles serían las neuronas del cerebro y cerebelo.(1, 7, 32, 35).

La intoxicación crónica por mercurio elemental se debe a exposición crónica a los vapores de mercurio, que es la forma más frecuente en el medio laboral tanto en la minería como en la industria (35, 37) y produce las siguientes alteraciones:

En el Sistema Nervioso Central (SNC) inicialmente aparecen trastornos psíquicos como irritabilidad, tristeza, ansiedad, insomnio, temor, pérdida de memoria, excesiva timidez, labilidad emocional, hiperexcitabilidad o depresión, a todo a este conjunto de síntomas se ha denominado "Eretismo mercurial" (32-35, 37, 38). Esto puede ser evaluado por pruebas psicométricas (37).

También se presenta el temblor, que dificulta los movimientos que exigen precisión; esto le permite objetivarlo mediante diversas pruebas como el trazado de líneas rectas y curvas y la prueba de la escritura, que pueden poner de manifiesto la evolución de la enfermedad o la eficacia del tratamiento. Generalmente inicia en la lengua, labios, párpados y

dedos de las manos en forma de temblor fino, posteriormente se extiende a las manos en forma de temblor rítmico que se interrumpe por contracciones musculares bruscas y tiende a ser intencional(1, 7, 35).

En el Sistema Gastrointestinal pueden presentarse náuseas, vómito y diarrea. El hallazgo más significativo es la llamada "estomatitis mercurial", cuyo principal síntoma es la sialorrea (salivación excesiva); posteriormente aparece gingivitis y ulceraciones en la mucosa oral. Existe caída prematura de los dientes (33, 35) y en las encías puede aparecer un ribete grisáceo azulado ("Ribete de Gilbert")(1, 7).

En la intoxicación con compuestos orgánicos (metilmercurio), el comienzo es insidioso que se caracteriza por astenia (debilidad), apatía, depresión y a veces deterioro intelectual. Posteriormente aparecen parestesias (hormigueos) en áreas dístales de las extremidades, en la lengua y en la boca. Cuando la intoxicación está establecida, se observa ataxia (pérdida de equilibrio), disartria (dificultad para hablar), parálisis motoras y alteraciones sensoriales (diplopía, estrechamiento del campo visual y sordera). La sintomatología es consecuencia de una neuroencefalopatía tóxica con afectación de cerebro y cerebelo(20, 32).

El metilmercurio atraviesa la placenta y se concentra en el feto. La enfermedad congénita afecta a los recién nacidos y se traduce por una parálisis cerebral con retraso mental, dificultades en la alimentación y déficit motor importante. En los casos menos severos, pueden parecer completamente normales y desarrollar el déficit neurológico una vez madurado el SNC (1, 7, 35).

### **Acumulación en Plantas**

El mercurio es un importante contaminante ambiental particularmente en áreas con gran consumo de este metal (39). Se puede encontrar en el suelo, las aguas y las plantas (29). Como se expuso anteriormente, lo más grave es que, aún en bajas concentraciones, puede generar efectos adversos sobre la salud(29).

El proceso de crecimiento de las plantas depende de un ciclo de nutrientes que incluye elementos traza, desde el suelo a la planta y las plantas pueden actuar como una vía muy importante de captación y entrada de mercurio que está en el suelo (40). No obstante, el mercurio puede formar complejos estables en el horizonte A del suelo, reduciendo su movilidad y disponibilidad para ser asimilado por los organismos vivos (41).

La captación de mercurio por parte de las plantas juega un papel muy importante en la entrada de los metales a las cadenas alimentarias terrestres. En las plantas terrestres vasculares, puede ocurrir por las raíces o por medio de las hojas, a través de estomas (42).

Algunos grupos de organismos como los briófitos y líquenes no presentan raíces, sino que toman los metales sólo desde el aire o el agua (43), razón por la cual, algunas especies de briófitos y líquenes pueden bioconcentrar mercurio a niveles relativamente altos por ejemplo, hasta 1200 g/g en *Sphagnum sp.*) (31). Esta captación depende del tipo de suelo, ya que el mercurio se une a la materia orgánica existente y disminuye la absorción (43). Particularmente, los musgos pueden acumular gran cantidad de metilmercurio (44, 45), pues existe una clara relación entre la concentración de mercurio en el aire y su acumulación por parte de los musgos (44).

La absorción de mercurio a través de las hojas es considerada insignificante para hayas y abetos, pero es una ruta importante para los pinos y plantas herbáceas (25, 40, 46). Estudios en algunas especies de herbáceas, revelan que, a mayor concentración de CO<sub>2</sub>, y a mayor exposición a altas concentraciones de Hg, la concentración Hg en especies herbáceas es baja. Sin embargo, las concentraciones de Hg en el aire, tienen mayor influencia que las concentraciones de mercurio en el suelo, ya que la concentración en hojas es más importante que en raíces (43).

Las plantas marítimas absorben el mercurio acumulado en los sedimento a través de sus raíces, contrario a otras plantas que lo absorben por la hojas y follaje y adicionalmente tienen un gran capacidad para acumular cantidades importantes de mercurio y metilmercurio (30).

No todas las plantas acumulan mercurio de manera significativa. Sin embargo, algunas plantas leñosas (por ejemplo, *Pinus sp.*), pueden bioconcentrar Mercurio y de hecho son utilizadas en descontaminación de suelos, pero hasta ahora, solo en casos experimentales (46).

### **Vegetales comestibles**

Los vegetales son el primer eslabón de la cadena alimentaria de los seres heterótrofos; aportan proteínas, carbohidratos, vitaminas, hierro, calcio y otros nutrientes. La acumulación de metales en estos organismos, conlleva a efectos muy graves en la salud de las personas. Los vegetales pueden absorber los metales pesados, entre ellos el mercurio, del suelo acumulándose en varias partes de la planta (25, 46, 47). Se ha reportado que cerca de la mitad de la ingestión de mercurio se debe al consumo de vegetales contaminados (39, 48).

La acumulación de metales pesados en el suelo puede afectar la agricultura debido a su posible acumulación en los vegetales lo que afectaría la calidad y seguridad de estos alimentos (48).

Existen trabajos a nivel mundial que relacionan la contaminación con mercurio a nivel ambiental y su acumulación en los vegetales consumibles como es el caso de especies de maíz que acumula altas cantidades de mercurio en cualquier parte de la planta (25, 47, 49), arroz (3, 25, 39, 50), y particularmente las coles verdes acumulan grandes concentraciones de mercurio y metilmercurio en (25, 51). En Brasil, un estudio demostró que en frutas tales como el mango, papaya, limón y maracuyá y en verduras como el casave (yuca), tomate y lechuga, que eran vendidos a la comunidad de un área con alta contaminación por mercurio debida a minería de oro, presentaron altas concentraciones de mercurio (41).



## **Conclusión**

El mercurio es un elemento que actualmente se considera ubicuo porque tiene múltiples fuentes tanto naturales como antropogénicas. Actualmente la atención mundial se ha fijado en este elemento por sus potenciales efectos adversos sobre la salud y los devastadores efectos que se presenta en los niños que se exponen a mercurio durante el periodo neonatal.

Además el mercurio tiene un ciclo global que convierte el mercurio metálico a la forma más toxica de este metal, que corresponde a el metilmercurio. El metilmercurio posee dos propiedades indeseables que lo convierten en su forma más peligrosa: la capacidad de bioacumularse y la posibilidad de biomagnificarse (acumularse en la cadena trófica de los alimentos).

Se conoce que el metilmercurio es un contaminante muy importante de los peces pero solo en este tiempo se viene estudiando extensivamente la acumulación de este metal en plantas, en especial en vegetales consumibles, lo que se traduce en una grave problemática, pues se ha evidenciado una estrecha relación entre la contaminación atmosférica y la acumulación de mercurio en los vegetales lo que conllevaría un riesgo muy importante de intoxicación de la comunidad en general.

En Colombia, el consumo de mercurio por parte de las zonas mineras auríferas es muy alto y sin control. Los cultivos de estas zonas podrían contener una contaminación muy importante por este metal, exponiendo a la comunidad a efectos graves en la salud. Por esto se requiere emprender investigación dirigida a la evaluación de los cultivos de estas áreas y determinar si existen riesgos de contaminación por consumo de estos productos, así como las medidas a implementar para mitigar esta problemática.

## **Agradecimientos**

Los autores expresan sus agradecimientos al Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria por el apoyo logístico para la realización de la presente revisión.

## Referencias Bibliográficas

1. Young-Jin S. Mercury. En: Flomenbaum NE, Goldfrank LR, Hoffman RS, Howland MA, Lewin NA, Nelson LS, editors. Goldfrank's Toxicologic Emergencies, 8th Edition. New York: McGraw-Hill; 2006. p. 1335-44.
2. Rohling ML, Demakis GJ. A Meta-Analysis of the neuropsychological effects of occupational exposure to mercury. *The Clinical Neuropsychologist*. 2006;20:108-32.
3. Li P, Feng XB, Qiu GL, Shang LH, Li ZG. Review: Mercury pollution in Asia: A review of the contaminated sites. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;168:591-601.
4. FAO/OMS/ONUDI/OCDE O. Documento: Evaluación mundial sobre el mercurio Ginebra Suiza: Programa ínter organismo para la gestión racional de las sustancias químicas, Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente; Dic. de 2002.
5. Chan HM, Scheuhammer AM, Loupelle FC, Holloway J, Weech S. Impacts of Mercury on Freshwater Fish-Eating Wildlife and Humans. *Human and Ecological Risk Assessment*. 2003;9(4):867-83.
6. Barbosa AC, Souza Jd, Dórea JG, Jardim WF, Fadini PS. Mercury Biomagnification in a Tropical Black Water, Rio Negro, Brazil. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2003;45:235-46.
7. Conde J. Hidrargirismo Capítulo 17. En: Enfermedades profesionales. Bogota-Colombia: Instituto Nacional de Salud; 1994. p. 207-31.
8. Veiga M, Maxson PA, Hylander LD. Origin and consumption of mercury in small-scale gold mining. *Journal of Cleaner Production* 2006);14:436-47.
9. Lacerda LD, Marins RV. Anthropogenic mercury emissions to the atmosphere in Brazil: The impact of gold mining. *Journal of Geochemical Exploration*. 1997;58:223-9.
10. Lin Y, Guo M, Gan W. Mercury pollution from small gold mines in China Water, Air and Soil Pollution. 1997;97:233-9.
11. Hinton J, Veiga M, Tadeu C. Clean artisanal gold mining: a utopian approach?. *Journal of Cleaner Production*. 2003;11:99-115.
12. Olivero J, Mendonza C, Mestre J. Mercurio en cabello de diferentes grupos ocupacionales en una zona de minería aurífera en el Norte de Colombia. *Rev saude publica*. 1995 29 (5):376-79.
13. Alonso D, Pineda P, Olivero J, González H, Campos N. Mercury levels in muscle of two fish species and sediments from the Cartagena Bay and the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Environmental Pollution*. 2000;109:157-63.
14. Olivero J, Solano B, Acosta I. Total Mercury in Muscle of Fish from Two Marshes in Goldfields, Colombia. *Bull Environ Contam Toxicol*. 1998; 61:182-7.

15. Olivero J, Navas V, Perez A, Solano B, Acosta I, Arguello E, et al. Mercury Levels in Muscle of Some Fish Species from the Dique Channel, Colombia. *Bull Environ Contam Toxicol.* 1997;58:865-70.
16. Marrugo-Negrete J, Verbel JO, Ceballos EL, Benite LN. Total mercury and methylmercury concentrations in fish from the Mojana region of Colombia. *Environ Geochem Health.* 2008;30:21-30.
17. Olivero J, Solano B. Mercury in environmental samples from a waterbody contaminated by gold mining in Colombia, South America. *The Science of the Total Environment.* 1998;217:83-9.
18. Marrugo-Negrete J, Benitez LN, Olivero-Verbel J. Distribution of Mercury in Several Environmental Compartments in an Aquatic Ecosystem Impacted by Gold Mining in Northern Colombia. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2008;55(2):305-16.
19. Hilson G. Abatement of mercury pollution in the small-scale gold mining industry: Restructuring the policy and research agendas. *Science of the Total Environment.* 2006;362:1 - 14.
20. Clarkson TW, Magos L, Myers GJ. The Toxicology of Mercury — Current Exposures and Clinical Manifestations. *N Engl J Med.* 2003;349:1731-7.
21. Schroeder WH, Munthe J. 'Atmospheric Mercury - an Overview'. *Atmospheric Environment.* 1998;32(5):809.
22. Powell PP. Minamata disease: A story of mercury's malevolence. *South Med J* 1991;84:1352-8.
23. Olivero J, Johnson B, Arguello E. Human exposure to mercury in San Jorge river basin, Colombia (South America). *The Science of the Total Environment.* 2002;289:41-7.
24. Olivero-Verbel J, Johnson-Restrepo B, Baldiris-Avila R, Güette-Fernández J, Magallanes-Carreazo E, Vanegas-Ramírez L, et al. Human and crab exposure to mercury in the Caribbean coastal shoreline of Colombia: Impact from an abandoned chlor-alkali plant. *Environ Int.* 2007;1-7.
25. Qiu G, Feng X, Wang S, Shang L. Environmental contamination of mercury from Hg-mining areas in Wuchuan, northeastern Guizhou, China. *Environmental Pollution.* 2006;142:549-58.
26. Watras CJ, Morrison KA, Rubsam JL, Rodger B. Atmospheric mercury cycles in northern Wisconsin. *Atmospheric Environment.* 2009;43:4070-7.
27. Nelson SJ, Johnson KB, Weathers KC, Loftin CS, Fernandez IJ, Kahl JS, et al. A comparison of winter mercury accumulation at forested and no-canopy sites measured with different snow sampling techniques. *Applied Geochemistry.* 2008; 23:384-98.
28. Watanabe C, Satoh H. Evolution of Our Understanding of Methylmercury as a Health Threat. *Environ Health Perspect.* 1996;104(Suppl 2):367-79.

29. Feng X, Qiu G. Mercury pollution in Guizhou, Southwestern China — An overview. *Science of the Total Environment*. 2008;400:227-37.
30. Wang S, Jia Y, Wang S, Wang X, Wang H, Zhao Z, et al. Total mercury and monomethylmercury in water, sediments, and hydrophytes from the rivers, estuary, and bay along the Bohai Sea coast, northeastern China. *Applied Geochemistry*. 2009;24:1702-11.
31. Žižek S, Horvat M, Gibičar D, Fajon V, Toman MJ. Bioaccumulation of mercury in benthic communities of a river ecosystem affected by mercury mining. *Science of the Total Environment*. 2007;377:407-15.
32. Echeverria D, Woods JS, Heyer NJ, Rohlman DS, Farin FM, Bittner AC, et al. Chronic low-level mercury exposure, BDNF polymorphism, and associations with cognitive and motor function. *Neurotoxicology and Teratology*. 2005 27:781 - 96.
33. Powell TJ. Chronic neurobehavioural effects of mercury poisoning on a group of Zulu chemical workers. *Brain Injury*. 2000;14(9):797-814.
34. Fuentes IM, Gil RR. Mercury and health in the dental practice. *Rev Saúde Pública*. 2003;37(2):266-72.
35. Crespo-López ME. Mercurio y neurotoxicidad. *Rev Neurol*. 2005;40(7):441-7.
36. Caban-Holt A, Mattingly M, Cooper G, Schmitt FA. Neurodegenerative Memory Disorders: A Potential Role of Environmental Toxins. *Neurol Clin*. 2005;23:485-521.
37. Zachi EC, Ventura DF, Faria MAM, Taub A. Neuropsychological dysfunction related to earlier occupational exposure to mercury vapor. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2007;40:425-33.
38. Ritchie KA, Gilmour WH, Macdonald EB, Burke FJT, McGowan DA, Dale IM, et al. Health and neuropsychological functioning of dentists exposed to mercury. *Occup Environ Med*. 2002;59:287-93.
39. Qiu G, Feng X, Li P, Wang S, Li G, Shang L, et al. Methylmercury Accumulation in Rice (*Oryza sativa* L.) Grown at Abandoned Mercury Mines in Guizhou, China. *J Agric Food Chem*. 2008;56:2465-246.
40. Millhollen A, Gustin M, Obrist D. Foliar Mercury Accumulation and Exchange for Three Tree Species. *Environ Sci Technol*. 2006;40:6001-6.
41. Egler SG, Rodrigues-Filho S, Villas-Boas RC, Beinhof C. Evaluation of mercury pollution in cultivated and wild plants from two small communities of the Tapajos gold mining reserve, Pará State, Brazil. *Science of the Total Environment*. 2006;368:424- 33.
42. Nichols JW, Ambrose JRB, Cubbison C, Fairbrother A, Keating MH, Mahaffey KR. Mercury study report to Congress Volume VI: an ecological assessment for anthropogenic mercury emissions in the United States EPA-452/R-97-008. Washington D.C: Office of Air Quality

- Planning and Standards/Office of Research and Development/U.S. Environmental Protection Agency; 1997.
- 43.WHO. Environmental health criteria 86: Mercury - environmental aspects. Geneve: World Health Organization; 1989.
  - 44.Qiu Q, Feng X, Wang S, Shang L. Mercury and methylmercury in riparian soil, sediments, mine-waste calcines, and moss from abandoned Hg mines in east Guizhou province, southwestern China. *Appl Geochem.* 2005;20:627-38.
  - 45.Li G, Feng X, Qiu G, Bi X, Li Z, Zhang C. Environmental mercury contamination of an artisanal zinc smelting area in Weining County, Guizhou, China. *Environ Pollut.* 2008;154:21-31.
  - 46.Millhollen AG, Obrist D, Gustin MS. Mercury accumulation in grass and forb species as a function of atmospheric carbon dioxide concentrations and mercury exposures in air and soil. *Chemosphere.* 2006; 65:889-97.
  - 47.Rothenberg SE, Du X, Zhu Y-G, Jay A. The impact of sewage irrigation on the uptake of mercury in corn plants (*Zea mays*) from suburban Beijing. *Environmental Pollution.* 149;2007:246-51.
  - 48.Ejaz-ul I, Xiao-e Y, Zhen-li H, Qaisar M. Assessing potential dietary toxicity of heavy metals in selected vegetables and food crops. *Journal of Zhejiang University Science B.* 2007; 8(1):1-13.
  - 49.Zheng N, Wang Q, Zheng D. Mercury contamination and health risk to crops around the zinc smelting plant in Huludao City, northeastern China. *Environ Geochem Health.* 2007;29:385-93.
  - 50.Horvat M, Nolde N, Fajon V, VJereb, Logar M, Lojen S, et al. Total mercury, methylmercury and selenium in mercury polluted areas in the province Guizhou, China. *Science of the Total Environment.* 2003;304:231-56.
  - 51.Qiu G, Feng X, Wang S, Xiao T. Mercury contaminations from historic mining to water, soil and vegetation in Lanmuchang, Guizhou, southwestern China. *Sci Total Environ.* 2006; 368:56-68.

**Recibido: 11/08/10**

**Aceptado: 24/08/10**