

## Perfil toxicológico de Cadmio (Cd), Número CAS 7440-43-9

Perfiles toxicológicos detallados para plomo fueron desarrollados por diversas agencias regulatorias, incluyendo U.S. EPA (US EPA IRIS 1994), Comisión Europea (2000), Health Canada (2004, 2008), JECFA (1989), MOE (2006; 2008), OMS (2000; 2005), RIVM (2001), Cal EPA (2005) y ATSDR (1999). El presente perfil toxicológico estoy considerando los aspectos importantes para la evaluación del riesgo por la contaminación con cadmio en el área del proyecto.

### 1. Características de Cadmio

El cadmio es un elemento natural de la corteza terrestre. Cadmio metálico, un material dúctil y con una coloración blanco-azulado, es químicamente similar a los otros dos metales estables del grupo 12 de la tabla periódica, el zinc y el mercurio. Igual que el zinc, cadmio prefiere un estado de oxidación +2 en la mayoría de sus compuestos y como mercurio metálico tiene un bajo punto de fusión en comparación con los metales de transición.

Generalmente se encuentra como mineral combinado con otros elementos, tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio) o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio). Todos los suelos y rocas, incluso el carbón y abonos minerales, contienen algo de cadmio. El cadmio metálico no se corroe fácilmente y tiene muchos usos, por ejemplo en baterías, pigmentos, revestimiento de metales y plásticos. Muchos minerales de zinc contienen cadmio como impureza y por lo tanto este metal es producto secundario en la producción de zinc. En el pasado, cadmio metálico fue utilizado durante mucho tiempo como pigmento, cobertura anti-corrosivo de acero y para la producción de baterías. Compuestos de cadmio fueron utilizados para estabilizar plástico. Debido a su toxicidad, es reemplazado cada vez más por otros productos menos dañinos.

Características de cadmio en el medio ambiente

- El cadmio no se degrada en el ambiente, pero sí cambia de forma.
- Las partículas de cadmio en el aire pueden movilizarse largas distancias antes de depositarse en la tierra o el agua.
- Algunas formas de cadmio se disuelven en agua.
- El cadmio se adhiere fuertemente a partículas del suelo.
- Las plantas, los peces y otros animales incorporan cadmio del ambiente.
- Existe una bioacumulación en el cuerpo humano, peces y plantas.

El cadmio es más móvil en el ambiente acuático en comparación con otros metales pesados. En agua, cadmio generalmente es presente como ion  $Cd^{2+}$  y en complejos, particularmente con materia orgánica.

En suelos, pH, potencial redox y la formación de complejos con materia orgánica como ácido húmico son factores claves que afectan la movilidad de cadmio (McComish y Ong, 1988). Un incremento del pH aumenta la absorción y reduce la biodisponibilidad, particularmente si está adsorbido a materia orgánica (Herrero y Martin, 1993; McBride, 1995).

En Mollehuaca no existe evidencia ninguna de una contaminación antropogénica por cadmio, menos la actividad minera. El rango de las concentraciones normales de cadmio en suelo no contaminado generalmente oscila entre 0.01 y 0.7 mg/kg (Lindsay 2001). En Mollehuaca, las concentraciones de fondo (río arriba y abajo) están dentro de este rango con un promedio de 0.6 mg/kg.

## **2. Efectos a la Salud por la exposición al Cadmio**

Respirar niveles altos de cadmio puede dañar gravemente los pulmones. Ingerir alimentos o tomar agua con niveles de cadmio muy altos produce irritación grave del estómago causando vómitos y diarrea. La exposición prolongada a niveles más bajos de cadmio en el aire, los alimentos o el agua produce acumulación de cadmio en los riñones y posiblemente enfermedad renal. Otros efectos de la exposición prolongada consisten en daño del pulmón y fragilidad de los huesos.

### **2.1 Carcinogenicidad**

El Departamento de Salud y Servicios Humanos de los E.E.U.U. (DHHS) y la Agencia para la Investigación del Cáncer (IARC) han determinado que el cadmio y los compuestos de cadmio son carcinogénicos en seres humanos. La US EPA determinó que el cadmio probablemente es carcinogénico en seres humanos (grupo B1).

### **2.2 Efectos para niños**

Los efectos de la exposición al cadmio en niños son similares a los efectos observados en adultos (daño del riñón, pulmón y los huesos dependiendo de la ruta de exposición). Algunos estudios en animales indican que los animales jóvenes absorben más cadmio que los adultos. Los estudios en animales también indican que los animales jóvenes son más susceptibles que los adultos a la pérdida de tejido óseo y al aumento de fragilidad de los huesos que ocurren a causa de la exposición al cadmio. No se sabe si el cadmio produce defectos de nacimiento en seres humanos. La exposición de animales a niveles altos de cadmio durante la preñez ha producido efectos nocivos en las crías. Animales jóvenes cuyas madres fueron expuestas al cadmio durante la preñez sufrieron alteraciones del comportamiento y capacidad de aprendizaje (disminución del cociente de inteligencia, CI). También hay alguna información de estudios en animales que indica que la exposición a niveles suficientemente altos antes de nacer puede reducir el peso de las crías y afectar el desarrollo del esqueleto.

## **3. Datos toxicológicos de Cadmio**

La US EPA ha determinado que la exposición a concentraciones de 0.04 mg/L de cadmio en el agua potable durante períodos de hasta 10 días no causará efectos adversos en un niño y que la exposición de por vida a concentraciones de 0.005 mg/L de cadmio en el agua potable no causará efectos adversos. La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) limita la exposición de trabajadores a un promedio de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante una jornada diaria de 8 horas, 40 horas a la semana.

### **3.1 Toxicocinética**

Por su capacidad de bioacumularse, el contenido corporal de cadmio se incrementa con la edad. Sin exposición laboral a cadmio, la carga corporal del metal puede llegar a 40 miligramos, dependiendo de la situación geográfica y de las costumbres alimenticias, etc. Fumadores, por ejemplo, suelen adsorber el doble de cadmio que un no fumador (Piotrowski et al. 1990).

El cadmio absorbido en el cuerpo se excreta principalmente por orina y en menor cantidad con la bilis, aunque pequeñas porciones puedan eliminarse con sudor, pelo y heces. El cadmio excretado por el tracto gastrointestinal en su mayor parte es el que no se absorbió (Kjellstrom et al. 1978). Por orina, diariamente se elimina un 0.007% y por heces 0.03% del contenido corporal total (Kjellstrom et al. 1978; Ellemhorn 1996).

La acumulación de cadmio en riñones e hígado depende de la intensidad y tiempo de la exposición, de la funcionalidad de los riñones y también de la edad de la persona. En forma

general se puede observar que con mayor edad de la persona el metal se acumula más en los órganos, particularmente en el riñón. La vida media del cadmio adsorbido en el organismo es de 30 a 40 años. Durante todo este tiempo también se puede detectar el metal en la excreción urinaria.

Vía respiratoria:

En exposiciones laborales, la inhalación de polvo es la ruta principal de ingreso. La cuota de absorción vía respiratoria depende de la composición química, del tamaño de las partículas y de su retención en el pulmón. El depósito en el pulmón de partículas menores de 5 µm de diámetro es del orden del 25% y de ellas aproximadamente el 60% pasa a la sangre (o sea típicamente unos 15% del cadmio inhalado llega al flujo sanguínea) (La Dou 1999). En grandes fumadores se ha encontrado valores adicionales de absorción por inhalación de hasta el 50%. Las partículas de mayor tamaño (>10 µm) depositadas en la nasofaringe, tráquea y bronquios son transportadas por mecanismo mucociliar a la faringe, desde donde entran parcialmente al tracto gastrointestinal (La Dou 1999, Kjellstrom et al. 1978).

Vía oral:

Las partículas de polvo de cadmio son ingeridas directamente a través de alimentos o bebidas contaminados o fumando cigarrillos con tabaco que naturalmente contiene cadmio. Hay también un porcentaje de partículas por encima de unos 10 µm que después de haber sido inhalado posteriormente son vertidos al tubo digestivo por los mecanismos de aclaramiento pulmonar.

Varios informes sobre estudios de exposición oral de compuestos de cadmio demuestran que la absorción de compuestos inorgánicos solubles como el nitrato o cloruro de cadmio está en el rango de 0.5 a 8% (Friberg et al., 1974). En estudios con humanos utilizando cadmio radioactivo se observó en promedio un Factor de Absorción Gástrica de aproximadamente 5% (Ogheneovo 2009).

Vía cutánea:

La absorción percutánea ocurre solamente por contacto con los compuestos orgánicos del cadmio.

### **3.2 Toxicodinámica**

El cadmio es un xenobiótico y, por tanto, un metal tóxico y no esencial para el organismo, que se acumula en los tejidos humanos. Los órganos blanco son riñón y pulmón. En una exposición laboral o ambiental, sus principales efectos tóxicos son: neumonitis química, disfunción renal con proteinuria y microproteinuria y enfisema.

### **3.3 Indicadores de Exposición y Toxicidad**

La exposición a cadmio puede ser detectado en sangre, orina, heces, hígado, riñones y cabello (ATSDR 1999). En poblaciones no expuesto a niveles significativos de cadmio, la concentración en la sangre de no fumadores típicamente está en un rango de 0.4 y 1.0 µg/L y de fumadores entre 1.4 y 4 µg/L. Personas expuestas a cadmio en el ambiente muchas veces tienen niveles de cadmio por encima de 10 µg/L (Kido et al., 1990; Shiwen et al., 1990). Según la OMS (OMS 1981), las concentraciones de cadmio en sangre no deben exceder 10 µg/L para evitar daños de órganos y medidas de control deben ser aplicadas si las concentraciones exceden 5 µg/L.

Para detectar una exposición crónica a cadmio, los niveles de cadmio en orina sirven para un monitoreo también. En ambientes contaminados por cadmio, niveles de cadmio en orina hasta unos 50 µg/g pueden ser encontrados (ATSDR 1999). Se ha demostrado que el cadmio en la orina refleja fielmente la cantidad de cadmio en el cuerpo. Se ha señalado efectos renales cuando la concentración de cadmio en orina excede 0.01 mg/g creatinina.

La cantidad de cadmio en la sangre refleja exposiciones recientes a cadmio. La cantidad de cadmio en la orina refleja tanto la exposición reciente como exposiciones en el pasado.

#### 4. Definición de Valores de Referencia de Toxicidad (VRT)

La siguiente tabla resume los valores de referencia toxicológicos seleccionados para la evaluación de riesgo de salud humana.

**Tabla 1 – Resumen de características toxicológicas de cadmio y Valores de Referencia de Toxicidad (VRT)**

<b>Cadmio</b>	
Potencial para Exposición	<p>El cadmio es un elemento natural de la corteza terrestre y su presencia en los suelos de Mollehuaca demuestra que forma parte de los minerales extraídos en la zona.</p> <p>El cadmio presente en el suelo y en minerales puede entrar al aire, al agua y a suelos en otras áreas en polvo que levanta el viento y puede entrar al agua en efluente de lluvia o en agua que se filtra a través del suelo. En el ambiente, el cadmio no puede ser destruido en el ambiente, solamente puede cambiar de forma química.</p> <p>El hecho de que se detectaron concentraciones de cadmio, tanto en las muestras de suelos como del polvo sedimentable, indica la distribución de este elemento por erosión eólica y la exposición de la población por inhalación de polvo contaminado.</p> <p>Aparte de la inhalación, la ingestión de suelos, polvo o agua con concentraciones de cadmio son rutas de exposición que deben ser consideradas.</p> <p>El ensayo TCLP demostró que en ninguna muestra se detectó una concentración por encima de 1 mg/L en el lixiviado, valor considerado crítico para la salud humana y el ecosistema (NSW EPA 2009).</p>
Efectos para la salud	<p>Respirar niveles altos de cadmio puede dañar gravemente los pulmones. Ingerir alimentos o tomar agua con niveles de cadmio muy altos produce irritación grave del estómago causando vómitos y diarrea. La exposición prolongada a niveles más bajos de cadmio en el aire, los alimentos o el agua produce acumulación de cadmio en los riñones y posiblemente enfermedad renal. Otros efectos de la exposición prolongada consisten en daño del pulmón y fragilidad de los huesos.</p> <p>El Departamento de Salud y Servicios Humanos de los E.E.U.U. (DHHS) y la Agencia para la Investigación del Cáncer (IARC) han determinado que el cadmio y los compuestos de cadmio son carcinogénicos en seres humanos.</p>
Exposición de fondo	Basándose en los datos analíticos disponibles, la concentración de arsénico en el fondo está en el rango de 0.58 a 0.70 mg/kg.
ECA Suelo (D.S. 002-2008 MINAM)	<p>1,4 mg/kg (suelo agrícola)</p> <p>10 mg/kg (suelo residencial/parques)</p> <p>22 mg/kg (suelo comercial, industrial, extractivos)</p>
<b>VRTs identificados para la Evaluación Cuantitativa de Riesgo</b>	
<b>Exposición crónica – efectos no-carcinogénicos (efectos umbrales)</b>	
DdR ingestión oral	<p>0.001 mg/kg/día (OMS 2004; Health Canada 2008)</p> <p>Se aplica un Factor de Absorción Gástrica de 5% que es considerado seguro también para niños expuestos a polvo y suelos contaminados con minerales conteniendo cadmio. Para la exposición a agua potable</p>

	conteniendo cadmio soluble, se considera un Factor de Absorción Gástrica de 8%.
CdR inhalación	No disponible
DdR dermal	No disponible
<b>Exposición crónica – efectos carcinogénicos (efectos no-umbrales)</b>	
Factor de Pendiente de Cáncer (FPC) ingestión oral	No disponible
FPC inhalación	0.0018 por ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (US EPA IRIS) – riesgo unitario de inhalación, protector contra cáncer de pulmón  6E-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (nivel de riesgo E-5 o 1 caso de cáncer entre 100,000 habitantes)
FPC dermal	No disponible

## 5. Bibliografía

- [1] ATSDR (1999). Toxicological Profile for Cadmium. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, Georgia; <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.html>
- [2] Cal EPA (2005). Technical Support Document for Describing Available Cancer Potency Values. California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment, Air Toxicology and Epidemiology Section; [http://www.oehha.ca.gov/air/hot\\_spots/pdf/May2005Hotspots.pdf](http://www.oehha.ca.gov/air/hot_spots/pdf/May2005Hotspots.pdf)
- [3] Comisión Europea (2000). Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds: Position Paper. Office for Official Publications of the European Communities, European Commission; [http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/pp\\_as\\_cd\\_ni.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/pp_as_cd_ni.pdf)
- [4] Ellemhorn MJ. (1996). Medical Toxicology. 2nd Edition Baltimore,USA:Williams & Wilkins.
- [5] Friberg L, Piscator M, Nordberg G, Kjellström T (1974). Cadmium in the environment, 2nd edn., CRC Press, Cleveland, Ohio, p. 248.
- [6] Health Canada (2004). Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada. Part II: Health Canada Toxicological Reference Values. Environmental Health Assessment Services Safe Environments Programme, Health Canada; [http://www.HealthCanada-sc.gc.ca/ewh-semt/alt\\_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contamsite/part-partie\\_ii/part-partie\\_ii\\_e.pdf](http://www.HealthCanada-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contamsite/part-partie_ii/part-partie_ii_e.pdf).
- [7] Health Canada (2008). Health Canada 2008. Summary of Health Canada Toxicological Reference Values. May 2008 Draft. Personal Communication Louise White. Regional Health Risk Assessor and Toxicology Specialist, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada.
- [8] Herrero, T.C., Martin, L.F.L. (1993). Evaluation of cadmium levels in fertilized soils. Bull Environ Contam Toxicol 50:61-68. Citado en: ATSDR, 1999.
- [9] JECFA (1989). Toxicological Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. WHO Food Additives Series 24. The 33rd meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. International Program on Chemical Safety, World Health Organization, Geneva; <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v024je09.htm>

- [10] Kido, T., Nogawa, K., Honda, R., *et al.* (1990). The association between renal dysfunction and osteopenia in environmental cadmium-exposed subjects. *Environ Res* 51:71-82. Citado en: ATSDR, 1999.
- [11] Kjellstrom T, Nordberg GF (1978). A kinetic model of Cd metabolism in the human being. *Environ Res*; 16: 248–69.
- [12] La Dou (1999). *J. Medicina Laboral y Ambiental*. 2ª. Edición. México:Ed. El Manual Moderno.
- [13] Lindsay, Willard L. (2001). *Chemical Equilibria in Soils*, The Blackburn Press, ISBN-13: 978-1930665118.
- [14] McBride, M.B. (1995). Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: Are USEPA regulations protective? *J Environ Qual* 24:5-18. Citado en: ATSDR, 1999.
- [15] McComish, M.F., Ong, J.H. (1988). Trace metals. In: Bodek, I., Lyman, W.J., Reehl, W.F., *et al.*, eds. *Environmental inorganic chemistry: Properties, processes, and estimation methods*. New York: Pergamon Press, 7.5-1-7.5-12. Citado en: ATSDR, 1999.
- [16] MOE (2006). Rationale for the Development of Ontario Air Standards for Cadmium and Cadmium Compounds. Standards Development Branch, Ontario Ministry of the Environment; [http://www.ene.gov.on.ca/envision/env\\_reg/er/documents/2006/PA04E0015.pdf](http://www.ene.gov.on.ca/envision/env_reg/er/documents/2006/PA04E0015.pdf).
- [17] MOE (2008). Ontario's Ambient Air Quality Criteria. Summary of Standards and Guidelines to support Ontario Regulation 419: Air Pollution – Local Air Quality (including Schedule 6 of O. Reg. 419 on Upper Risk Thresholds). PIBS #6569e.
- [18] NSW EPA (2009), New South Wales Environmental Protection Agency, Waste Classification Guidelines Part 1: Classifying Waste, Australia, ISBN 978 1 74232 507 1; [www.environment.nsw.gov.au](http://www.environment.nsw.gov.au)
- [19] Ogheneovo Asagba S (2009). Role of diet in absorption and toxicity of oral cadmium-A review of literature, *African Journal of Biotechnology* Vol. 8(25), pp. 7428-7436, 29; <http://www.academicjournals.org/AJB>
- [20] OMS (1981). *Environmental Health Criteria* 8. Arsenic. World Health Organization, Geneva: 174 páginas.
- [21] OMS (2000). *Air Quality Guidelines for Europe (2nd Edition)* Regional Office for Europe, Copenhagen. World Health Organization Regional Publications, European Series, No. 91; <http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>.
- [22] OMS (2004). Evaluation of certain food additives and contaminants; Sixty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series No. 922, Geneva, Switzerland; [http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_922.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_922.pdf)
- [23] OMS (2005). Evaluation of certain food contaminants. Sixty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series, No. 930. TRS 930-JECFA 64 en prensa; [http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/summary\\_report\\_64\\_final.pdf](http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/summary_report_64_final.pdf)
- [24] Piotrowski, JK, Coleman, DO (1990). *Environmental Hazards of Heavy Metals: Summary Evaluation of Pb, Cd and Hg*. Marc Report N° 20, MARC, Chelsea College, University of London.

[25] RIVM (2001). Re-evaluation of of human-toxicology maximum permissible risk levels. RIVM Report 711701 025. Rijksinsitituut Voor Volksgezondheid en Milieu, National Institute of Public Health and the Environment.

[26] Shiwen, C., Lin, Y., Zhineng, H., *et al.* (1990). Cadmium exposure and health effects among residents in an irrigation area with ore dressing wastewater. *Sci Total Environ* 90: 67-73. Citado en: ATSDR, 1999

[27] U.S. EPA IRIS (1994). Oral RfD Assessment: Cadmium (CASRN 7740-43-9). U.S. Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System; <http://www.epa.gov/iris/>