



# ASPECTOS TOXICOLÓGICOS DEL MERCURIO



### Generalidades de toxicología

Todas las sustancias químicas son peligrosas, la intensidad del efecto que puedan producir al estar en contacto con un organismo depende de varios factores relacionados con la propia sustancia, el ambiente y el organismo expuesto. La intoxicación se produce cuando el agente químico ingresa al organismo y su concentración supera el nivel de tolerancia corporal, de manera que se producen efectos adversos a la salud.

Los efectos de una intoxicación pueden ser variados: desde irritaciones en la piel, mucosas, tejido, hasta daños irreversibles en los sistemas corporales, pasando por alteraciones metabólicas, afectación de procesos celulares, alteraciones genéticas, modificaciones de comportamiento, alteraciones psíquicas, excitación y depresión generales, aumentos de temperatura corporal, desequilibrio físico, biológico y mental, afectaciones en la coordinación de movimientos, del habla y la conciencia, entre otras manifestaciones.

La toxicidad es la capacidad intrínseca de un agente químico o físico para producir un daño sobre un órgano u organismo vivo. La toxicidad depende del Agente químico, el Sistema biológico con el cual el agente interactúa y el Medio a través del cual el agente y el sistema biológico interactúan. La toxicidad está relacionada con:

- La dosis o cantidad absorbida
- La vía de ingreso al organismo
- El tipo de efecto y gravedad.
- El tiempo de exposición a la sustancia

Los factores que modifican la toxicidad de las sustancias químicas y agentes físicos son:

- **Propiedades del tóxico:** composición del agente químico, propiedades físico-químicas, dosis y concentración, vía de ingreso y metabolismo del agente tóxico.
- **Características del individuo:** estado de salud, edad, estado nutricional y factores dietéticos, sexo, genética.
- **Factores ambientales:** temperatura, presión atmosférica, luz, ocupación (Albiano, 2001).



### Tipos de intoxicaciones

#### Intoxicación aguda

Se caracteriza porque el individuo se expone a una o varias dosis altas en períodos de tiempo muy cortos, generalmente menores de 24 horas. Las manifestaciones clínicas aparecen generalmente en las primeras 48 horas después del contacto con el tóxico. Su evolución puede llevar al individuo aun estado irreversible e incluso la muerte. Se pueden presentar complicaciones. Usualmente, son intoxicaciones de tipo accidental o por intentos de suicidio u homicidio.

#### Intoxicación subaguda

Es aquella cuyas manifestaciones clínicas se presentan dentro de un periodo de 30 a 120 días. Se dan este tipo de intoxicaciones en exposiciones o penetraciones del toxico en dosis frecuentes y repetidas en periodos de varios días o semanas, antes de que aparezcan los primeros síntomas.

#### Intoxicación crónica

Se produce cuando la sustancia química penetra en pequeñas dosis repetidas durante un largo periodo de tiempo de la vida del sujeto. Las manifestaciones clínicas aparecen tardíamente, generalmente después de 3 a 6 meses e incluso después de años. La dosis tóxica es pequeña pero continuada y con efecto acumulativo. En un alto porcentaje presentan secuelas a largo plazo. Generalmente, son intoxicaciones derivadas de la exposición a tóxicos ambientales o de tipo ocupacional (OIT, 2008).

Dentro de las prácticas de manejo ecológico de los suelos ocupan un papel fundamental los abonos orgánicos, que son sustancias obtenidas a partir de residuos vegetales y/o animales que al ser incorporadas al suelo producen efectos positivos para estos y los cultivos. No obstante, existen otras prácticas dentro de las que se pueden destacar, los abonos verdes, las siembras en contorno, el laboreo mínimo del suelo, la rotación de cultivos y la siembra de policultivos entre otros.

Una consecuencia importante de la degradación y del agotamiento de los suelos, son las deficiencias nutricionales que sufren los cultivos, de allí la importancia que tiene realizar análisis de suelos, para determinar con certeza los nutrientes presentes y de cuáles carece y de esta manera lograr la implementación de un plan de fertilización que esté acorde no solo con la situación real del suelo, sino también con los requerimientos del cultivo.

### Toxicocinética del mercurio

La toxicocinética comprende la absorción en el organismo y todos los procesos subsiguientes: transporte por los fluidos corporales, distribución y acumulación en tejidos y órganos, biotransformación en metabolitos y eliminación del organismo (excreción) de los tóxicos y/o metabolitos.

La Absorción es el paso de una sustancia del exterior al organismo.

La Distribución corresponde al movimiento de la sustancia en el organismo, dependiendo de la



velocidad de absorción y eliminación, del flujo sanguíneo en los tejidos y la afinidad del toxico por un tejido específico (Órgano diana).

La **Biotransformación** es un proceso que lleva a una conversión metabólica de los compuestos extraños (xenobióticos) presentes en el organismo. En general, el metabolismo convierte las sustancias liposolubles en hidrosolubles para excretarlas.

**Eliminación:** es la desaparición de una sustancia del cuerpo, consiste en su excreción al exterior o en su transformación en otras sustancias.

A continuación, se presenta la absorción, metabolismo y eliminación de las diferentes formas de mercurio.

### Mercurio elemental ( $Hg^0$ )

#### Absorción

##### Inhalatoria.

La absorción digestiva es insignificante  $< 0,01\%$ .

#### Metabolismo

Acumulación en el **Sistema Nervioso Central** después de exposición aguda a vapor de mercurio.

El mercurio elemental ( $Hg^0$ ) no se une covalentemente a otros compuestos, su toxicidad depende de su oxidación inicial al ión mercurioso ( $Hg^+$ ) y luego al ión mercúrico ( $Hg^{2+}$ ) vía enzimática, favoreciendo la acumulación local en el SNC.

La manifestación tardía de efectos eventualmente se asemeja a las intoxicaciones por sales de mercurio inorgánico.

#### Eliminación

Aproximadamente el 2% a 9% de la dosis absorbida (inhalación) se **excreta en la orina y heces** en un período de 7 días.

La vida media en sangre es de 3 a 8 días obtenida de una fase rápida. Una eliminación lenta 45 días produce una alta cantidad de mercurio acumulado en los órganos





### Mercurio inorgánico ( $\text{Hg}^+$ y $\text{Hg}^{2+}$ )

#### Absorción

Digestiva, de 2 a un 38%.  
Inhalatoria  
Dérmica

#### Metabolismo

La mayor concentración de los iones mercurícos se encuentra en los **riñones**.

En la sangre se encuentran iones mercurícos en los glóbulos rojos, unidos a las proteínas plasmáticas. Sus concentraciones son mayores inmediatamente después de la exposición y disminuye a medida que dispersan en otros tejidos.

La penetración de la barrera hematoencefálica es pobre debido a su baja solubilidad lipídica, y su eliminación lenta contribuye a la acumulación de iones mercurícos en el SNC, específicamente en la corteza cerebral y cerebelar.

#### Eliminación

Es **excretado por la orina y heces**.

También se excreta por la **leche materna, saliva y sudor**.

Se ha reportado aumento de mercurio en el cabello, después de la ingesta.

La vida media de eliminación de las sales de mercurio inorgánico es de 24 a 40 días.

### Mercurio orgánico (MeH)

#### Absorción

**Digestiva** de 90 a 100%

Vía respiratoria y dérmica son menos relevantes

#### Transformaciones metabólicas

El metilmercurio es lipofílico, **atraviesa la barrera hematoencefálica y se transfiere** rápidamente a través de la **placenta**, en consecuencia, se puede producir **degeneración neurológica**, observada en los **niños** nacidos expuestos in útero (enfermedad de Minamata).

El metilmercurio tiene afinidad por los **tejidos nerviosos y los glóbulos rojos**, también se acumula en gran cantidad en el riñón y el hígado.

Debido a los enlaces sulfhidrilos (-SH) se deposita en cabello más que en sangre.

#### Eliminación

Su **excreción** es inicialmente en la bilis a través del **hígado**, sin embargo, presentan **circulación enterohepática**, lo que lleva a la **reabsorción y captación** en los **glóbulos rojos**.

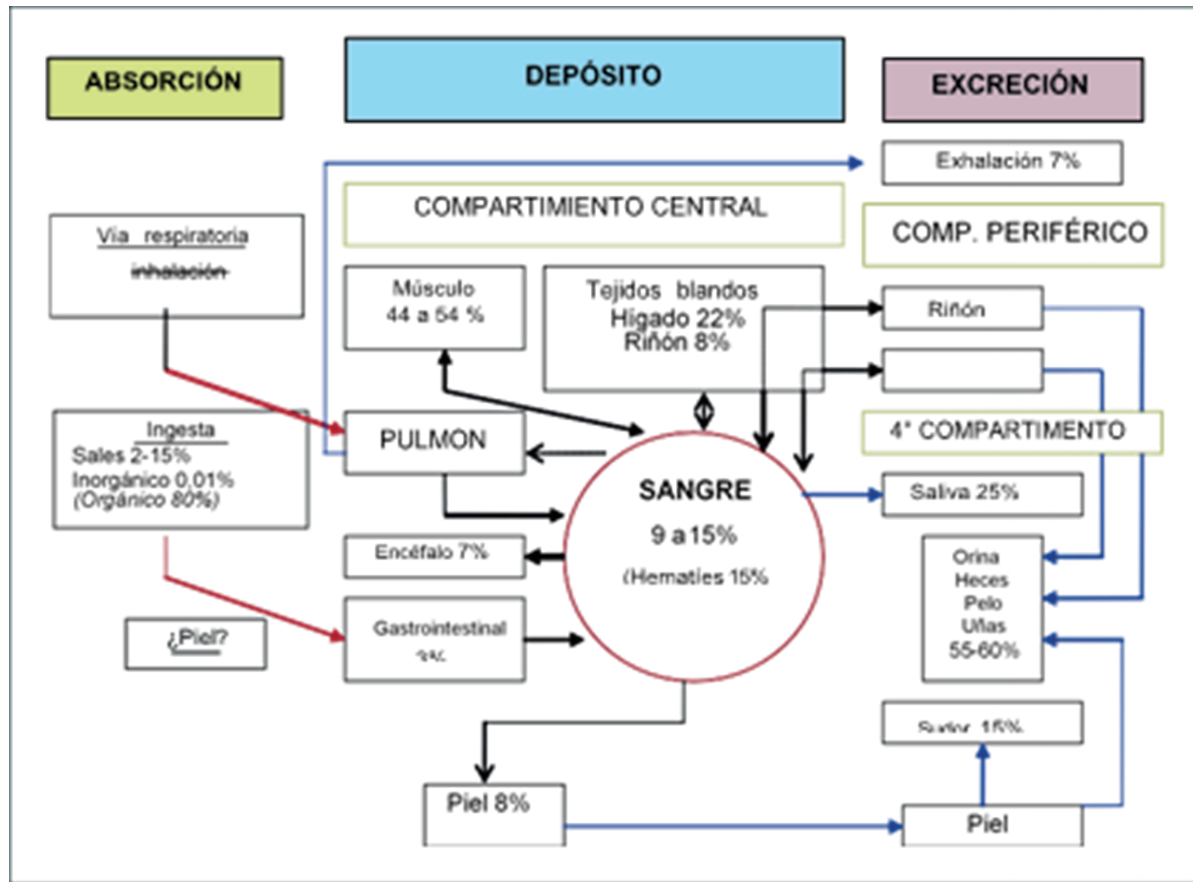
Los metabolitos de fenilmercurio son excretados principalmente en la orina. El metilmercurio es desmetilado y excretado en un 90% por las heces como mercurio inorgánico y menos del 10% por la orina.

La vida media del metilmercurio es de aproximadamente 50 a 65 días, aunque se han reportado de hasta 189 días en cabello.



La Ilustración 1 presenta un modelo del recorrido del mercurio en el organismo.

Ilustración 1. Toxicocinética del mercurio inorgánico



**Fuente:** An Fac med. 2008

### Efectos tóxicos del mercurio

Los efectos tóxicos del mercurio, inorgánico y orgánico, se deben a que se unen a los grupos sulfhidrilos en las células, afectando diversos sistemas metabólicos y enzimáticos.

La acción tóxica del mercurio sobre los sistemas enzimáticos ocurre porque precipita las proteínas sintetizadas por la célula, principalmente las neuronas, y porque inhibe los grupos de varias enzimas esenciales. En estado iónico, se fija a los grupos celulares ricos en radicales sulfhidrilo, altera varios sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y su pared, e inhibe la síntesis de proteínas en la mitocondria y afecta su función energética.

En el riñón disminuye la actividad de enzimas y altera el transporte de potasio y la ATPasa. El mercurio puede causar lesión celular en cualquier tejido donde se acumule en concentración suficiente.



El metilmercurio provoca una disminución de los anticuerpos humorales. Se ha observado que puede producirse un estímulo de la respuesta inmunitaria inicial, tras cortas exposiciones. También puede fijarse sobre los ácidos desoxirribonucleicos, lo cual podría explicar las aberraciones cromosómicas y anomalías congénitas observadas durante las intoxicaciones alimentarias con metilmercurio.

(Organización Panamericana de la Salud OPS, 2011).

### **Mercurio elemental**

La exposición a corto plazo y a altas concentraciones de vapor de mercurio ocasiona efectos respiratorios, cardiovasculares, gastrointestinales e incluso neurológicos, como disnea (dificultad para respirar), dolor en el pecho, tos, náuseas, vómitos, diarrea, aumento de la presión arterial; puede desarrollarse edema pulmonar, insuficiencia respiratoria y hemorragia gastrointestinal.

En la intoxicación crónica, el sistema nervioso es el objetivo toxicológico más sensible al mercurio, debido a que atraviesa la barrera hematoencefálica, de modo que las lesiones en su mayoría se centran en la corteza cerebral, específicamente en la sustancia negra y en los lóbulos occipital y temporal.

Los trastornos neurológicos y de comportamiento, incluyen disminución de la memoria o en el desempeño cognitivo, labilidad emocional, irritabilidad, nerviosismo, timidez excesiva, disminución de la autoconfianza, nerviosismo, insomnio, cambios neuromusculares con debilidad, atrofia muscular, espasmos musculares, temblores. Se presenta también polineuropatía, parestesias, pérdida de la sensibilidad de las extremidades, hiperreflexia y disminución de la velocidad de conducción nerviosa sensorial y motora.

### **El mercurio inorgánico**

El daño renal es el resultado final de la exposición a compuestos inorgánicos del mercurio. Los efectos adversos más comunes observados con la exposición al mercurio inorgánico es la formación de glomerulonefritis autoinmune.

### **El metilmercurio**

El blanco fundamental de la toxicidad del metilmercurio es el sistema nervioso. La principal vía de ingreso al organismo es la gastrointestinal, a través del consumo de pescados y mariscos contaminados.

El metilmercurio puede atravesar la barrera placentaria y puede llegar al feto.

Las lesiones se producen principalmente en el giro anterior y posterior central, temporal superior, la parte central del cerebelo y los ganglios basales, modificando la estructura celular del sistema nervioso, afectando la comunicación entre las neuronas (receptores, señalización celular, síntesis, degradación y transporte de neurotransmisores), la homeostasis del calcio, los procesos relacionados con la respiración mitocondrial y la obtención de energía, así como la síntesis de proteínas ADN y ARN (González & Estrecha, 2014).



Los signos más comunes de la neurotoxicidad son: parestesia, ataxia, alteraciones sensoriales, temblores, problemas de audición, constricción del campo visual y dificultad para caminar. Durante el embarazo, los efectos de la exposición al metilmercurio son preocupantes, ya que el feto puede tener una variedad de anormalidades en el desarrollo neurológico, similares a los encontrados en la parálisis cerebral, y que incluyen retraso para caminar y en la comunicación verbal, modificación de la tonicidad muscular, y de los reflejos tendinosos profundos, y reducción de los puntajes en los exámenes neurológicos (Organización Panamericana de la Salud OPS, 2011).







### BIBLIOGRAFÍA

Albiano, N. (2001). Toxicología laboral. Criterios para la vigilancia de los trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas. España.

Ministerio de Salud de Chile. (2014). Guía clínica: vigilancia biológica de la población expuesta a mercurio en la comuna de Arica. Santiago.

OIT, E. S.-O. (2008). Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Capítulo 33. Toxicología.

OMS. (s.f.). Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas. Diez sustancias químicas que constituyen una preocupación para la salud pública. (O. M. Salud, Ed.). Recuperado el 10 de 05 de 2020, de [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/chemicals\\_phc/es/](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/es/)

Organización Panamericana de la Salud OPS. (2011). Teoría y práctica para el fortalecimiento de la vigilancia de la salud de poblaciones expuestas a mercurio. La paz: Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS).

Poulin, J., & Gibb, H. (2008). Mercurio: evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. doi:ISBN 978 92 4 359657 0

Veiga, M., & Baker, R. (2004). Global Mercury Project: Protocols for environmental and health assessment of mercury released by artisanal and small-scale gold miners. Viena: FMAM/PNUD/ONUDI.

