

# MERCURIO EFECTOS EN LA SALUD Y EN EL MEDIO AMBIENTE

*(Diagnóstico, tratamiento, prevención y vigilancia)*

*Junio de 2021*





# CRÉDITOS

## MERCURIO EFECTOS EN LA SALUD Y EN EL MEDIO AMBIENTE

*(Diagnóstico, tratamiento, prevención y vigilancia)*

*Junio de 2021*

**Compilación:**

Dr. Rafael Cervantes Morant

**Revisión:**

Dr. Erik Jors

**Equipo Técnico PLAGBOL:**

Ing. Omar Huici

Ing. Juan Carlos Almanza

Ing. Gustavo Mamani

**Diseño e Impresión:**

ACERTIJO producciones

# CONTENIDO

## **I ASPECTOS GENERALES ..... 5**

¿Qué es el mercurio? .....	5
¿En qué se usa el mercurio? .....	6
¿Cuándo me expongo al mercurio? .....	7
¿Cómo ingresa el mercurio al organismo? .....	7
¿Qué le sucede al mercurio dentro el organismo? .....	8
¿Cuáles son los principales grupos de riesgo? .....	9

## **II EFECTOS ADVERSOS A LA SALUD ..... 12**

¿ Qué daños a la salud puede producir el mercurio? .....	12
¿ Cuáles son los signos y síntomas en una intoxicación aguda? .....	13
¿ Cuáles son los signos y síntomas en una intoxicación crónica? .....	14
¿Qué posibilidades hay de que el mercurio produzca cáncer?.....	15
¿ Qué pruebas de laboratorio existen para identificar el mercurio en el organismo? .....	15
¿ Cuales son los valores de referencia de mercurio en muestras biológicas? .....	17
¿ Cómo se diagnostica la intoxicación por mercurio? .....	18
¿Cuál el diagnóstico diferencial? .....	18
¿Cuál es el tratamiento en caso de intoxicación por mercurio? .....	18

<b>III EFECTOS ADVERSOS AL MEDIO AMBIENTE.....</b>	<b>19</b>
¿ Qué daños al Medio Ambiente puede producir el mercurio? .....	19
¿Cuáles son las fuentes de emisión de mercurio para la contaminación? .....	20
¿ Cuáles son los valores de referencia de mercurio en muestras ambientales? .....	22
<b>IV MEDIDAS DE PREVENCIÓN .....</b>	<b>24</b>
¿ Como podemos prevenir daños a la salud y al medio ambiente por el mercurio? .....	24
<b>V VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA .....</b>	<b>27</b>
¿ Qué es la vigilancia epidemiológica? .....	27
¿Cuáles son los objetivos de la vigilancia? .....	28
<b>VI INVESTIGACIONES ACERCA DEL MERCURIO     DESARROLLADAS EN BOLIVIA .....</b>	<b>29</b>
<b>PROPUESTA FICHA DE NOTIFICACIÓN BOLIVIA .....</b>	<b>34</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>35</b>

# ASPECTOS GENERALES

## ¿Qué es el mercurio?

El mercurio es un metal que está naturalmente en el medio ambiente en las siguientes formas:

- **Mercurio elemental o metálico.** Es líquido de color gris plateado y corresponde a la forma pura del mercurio. Se evapora fácilmente a medida que aumenta la temperatura y es la forma menos tóxica del mercurio.
- **Mercurio inorgánico.** Corresponde a las sales de mercurio, polvos de color blanco o cristales y son compuestos que se forman al combinarse el mercurio con otros elementos tales como cloro, oxígeno o azufre.
- **Mercurio orgánico.** Compuesto que se genera cuando se combina el mercurio con sustancias que tienen carbono y forman compuestos organomercuriales (metilmercurio) y es producido principalmente por organismos microscópicos en el suelo y en el agua.



# ¿En qué se usa el mercurio?

El Mercurio es un metal que por sus propiedades físicas y químicas ha tenido y tiene diferentes usos, sin embargo en los últimos años y debido a sus efectos en la salud y el medio ambiente muchos de ellos han sido y están siendo eliminados o restringidos según lo acordado en la Convención de Minamata del año 2013. Un ejemplo de ello es la prohibición de la fabricación, importación y comercialización de los termómetros y medidores de presión que utilizan columna de mercurio para diagnóstico en salud, aunque se sigan utilizando.

## Dentro los principales usos tenemos los siguientes:

- En equipos eléctricos, interruptores, lámparas o tubos fluorescentes, pilas y baterías.
- Se encuentra en los procesos de fabricación de desinfectantes como soda cáustica y cloro, así como también de plaguicidas tales como herbicidas y fungicidas.
- Es posible encontrar mercurio como conservantes de cosméticos en jabones y cremas .
- Se emplea mercurio para la producción de monómeros de cloruro de vinilo (tubos pvc) y para la producción de poliuretano (esponjas) en la que se utilizan catalizadores que contienen mercurio.
- Es un importante componente de las amalgamas dentales, aunque cada vez más en desuso.
- En las pinturas como pigmento.
- Se usa como componente de las Vacunas en forma de etilmercurio como conservante. (Timerosal).
- En Productos para la investigación, calibración de instrumentos, para su uso como patrón de referencia.
- Se encuentra en productos esenciales para usos militares y protección civil.
- Productos utilizados en prácticas tradicionales o religiosas.
- En nuestro país tienen un importante uso en la Minería para la extracción y separación del oro.

# ¿Cuándo me expongo al mercurio?

## Exposición Ocupacional:

Cuando trabajo en alguno de los sectores antes mencionados, donde se utiliza mercurio en cualquiera de sus formas y puedo exponerme directa o indirectamente.

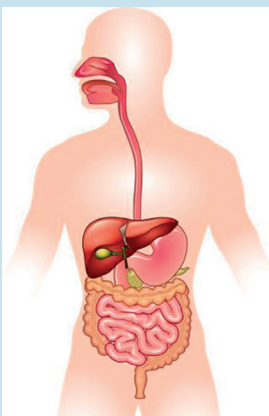
## Exposición Ambiental:

Cuando entro en contacto con el mercurio en cualquiera de sus formas a través del aire, agua o alimentos contaminados.

# ¿Cómo ingresa el mercurio al organismo?

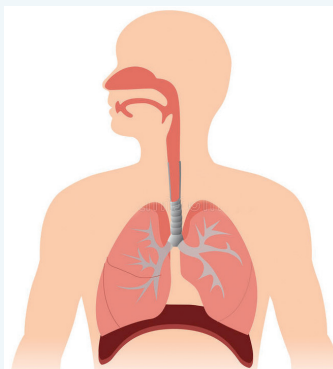
Existen tres principales vías de ingreso o absorción:

### ORAL O DIGESTIVA



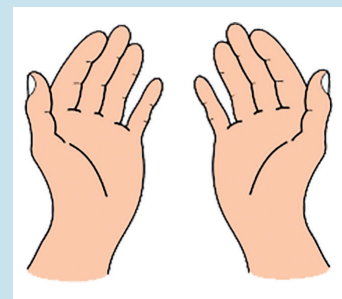
Es la más importante vía de ingreso para el mercurio inorgánico y para el mercurio orgánico.

### RESPIRATORIA O INHALATORIA



Es la principal vía de ingreso para el mercurio elemental (vapores).

### DÉRMICA O POR LA PIEL



Es la tercera vía de ingreso en orden de importancia, siendo de interés con las sales de mercurio por ser muy corrosivas.

# ¿Que le sucede al mercurio dentro el organismo?

El mercurio no tiene ninguna función fisiológica beneficiosa para el cuerpo humano. En cualquiera de sus formas es tóxico para los organismos vivos y el medio ambiente. Por las diferentes características fisicoquímicas de las distintas formas del mercurio, se tienen varios procesos cinéticos (metabólicos) y diferentes efectos tóxicos que pasaremos a describirlos en función de la forma en que se presenta el mercurio.

## Mercurio Metálico

La exposición a los vapores de mercurio produce una alta concentración de mercurio en los pulmones, al ser absorbido en aproximadamente 80%. Desde los pulmones, el mercurio metálico se distribuye por la sangre y se acumula en altas concentraciones en el cerebro y los riñones. El mercurio también se acumula en la piel, cabello, hígado, glándulas salivales, intestino y testículos, aunque en pequeñas cantidades; atraviesa fácilmente la barrera hematoencefálica y placentaria.

La vida media en el organismo puede variar desde pocos días hasta varios meses. Los órganos que acumulan mercurio por más tiempo son el cerebro, los riñones y los testículos. La eliminación del mercurio se produce en pequeñas cantidades a través de la exhalación en forma de vapores por las vías respiratorias. La mayor cantidad es eliminada a través de las heces y la orina, pequeñas cantidades se eliminan a través del sudor, la saliva, las lágrimas y el cabello. La mayor parte del mercurio se excreta en los primeros 60 días; sin embargo, una pequeña cantidad de mercurio acumulado en el cerebro puede tardar hasta un año en ser eliminado.

## Sales inorgánicas de mercurio

La absorción de mercurio inorgánico se produce más a menudo a través del tracto digestivo. Una vez absorbidas, las sales inorgánicas de mercurio pasan a la sangre y se distribuyen por igual entre el plasma y los eritrocitos, se unen a proteínas plasmáticas y grupos sulfhidrilos. En general, la mayor parte del mercurio inorgánico absorbido es depositado en los riñones, el hígado, el tracto intestinal, bazo y los testículos.



## Mercurio orgánico

Cuando se ingiere el metilmercurio, este es absorbido rápidamente por el tracto intestinal (95%). El metilmercurio se acumula en mayor proporción en el hígado y el cerebro. Por su liposolubilidad, los compuestos orgánicos atraviesan con facilidad las membranas biológicas, por lo que pasan fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta. Una parte del mercurio orgánico absorbido sufre un proceso de desmetilación que da origen a una alta concentración de mercurio inorgánico en riñón e hígado. La eliminación se efectúa principalmente por heces y de forma secundaria por la orina, cabellos y leche materna. La vida media se ha calculado de 100 a 190 días.

# ¿Cuáles son los principales grupos de riesgo?

Algunos grupos de población merecen una atención especial en relación con la exposición al mercurio, ya que tienen una mayor probabilidad de exposición a niveles peligrosos, Estos

- Mujeres embarazadas
- Lactantes y recién nacidos
- Trabajadores
- Población en general



Los que corren más riesgo a la exposición del mercurio son los niños y las mujeres embarazadas.



Fuente: [www.facebook.com/PlaguicidasBolivia/photos](https://www.facebook.com/PlaguicidasBolivia/photos)

# Mujeres embarazadas, lactantes y recién nacidos

---

Las mujeres embarazadas, mujeres lactantes y los niños tienen ciertas características que, combinadas con las características del mercurio, los transforman en grupos de población más vulnerables.

Los compuestos orgánicos de mercurio pueden tener efectos adversos en el feto una vez que el metilmercurio de la madre se transporta rápidamente a través de la barrera placentaria hacia él. Se oxida en la sangre del embrión, y desde entonces no puede ser eliminado, así que causa graves daños, sobre todo neurológicos. Estudios recientes mostraron que las concentraciones de mercurio en el cabello por encima de 70 µg/g en las mujeres embarazadas representan un aumento en el riesgo de aparición de efectos neurológicos en el recién nacido del orden del 30%.

El mercurio inorgánico tiene menor capacidad de atravesar la barrera placentaria y se encuentra en mayores cantidades en el líquido amniótico, además de ser transportado a la leche materna. No obstante, los beneficios de amamantar pueden ser mayores que los posibles efectos nocivos del mercurio en la leche materna.

Si la madre se expone a mercurio durante el primer trimestre del embarazo pueden ocurrir malformaciones congénitas (teratogénesis) y si lo hace durante el tercer trimestre pueden ocurrir fetopatías (espasticidad, ceguera, retardo mental, incoordinación, convulsiones e incapacidad para hablar).

Durante la lactancia, el mercurio es transportado a través de la leche materna de madres contaminadas. Junto con una absorción intensa, los riñones de los recién nacidos inmaduros promueven una menor excreción, lo que hace que en su primer año de vida alcancen mayores tasas de contaminación.

# Trabajadores de la minería artesanal del oro

El proceso de producción de oro causa una exposición directa de los trabajadores del mercurio metálico en el lugar de trabajo y la exposición indirecta de la población en general que se encuentra cerca de las áreas de prospección. Desde el proceso demetilación en los sedimentos del río, la contaminación del pescado genera un peligro potencial de exposición al metilmercurio de toda la población.

Los mineros pueden ser considerados como el grupo de población más expuestos al mercurio a través de la manipulación directa o por inhalación de vapores de mercurio generados en la quema de la amalgama de mercurio-oro. Como este proceso se suele realizar en sus hogares, cerca de familiares y otras personas, a ellas también se les pueden considerar como población expuesta; la principal vía de exposición es la inhalación de vapor de mercurio metálico.

Otro grupo importante son los comerciantes, que están expuestos al obtener las amalgamas de oro de los mineros que todavía concentran grandes cantidades de mercurio, las cuales se manejan en lugares inadecuados y sin ventilación. Esta actividad crea el riesgo a otro grupo de población que reside en las proximidades de estos almacenes.



**El uso de mercurio en la molienda en vez de ayudar, provoca más pérdidas y mayor contaminación**

Fuente: [www.facebook.com/PlaguicidasBolivia/photos](https://www.facebook.com/PlaguicidasBolivia/photos)



# EFECTOS ADVERSOS A LA SALUD

## ¿Que daños a la salud puede producir el mercurio?

---

Los daños a la salud dependen de varios factores como ser la forma química en que se presenta el mercurio, la dosis o cantidad de sustancia, la edad de la persona, la duración o tiempo de exposición, la vía de ingreso al organismo y cuando es por ingestión el consumo de pescado.

Los daños a la salud ocasionados por el mercurio, así como por otro tipo de tóxicos o contaminantes ,se denomina Intoxicación y puede presentarse como dos tipos de intoxicación, en función de la dosis y del tiempo de exposición:

**Intoxicación Aguda:** Es aquella que se presenta en un corto periodo de tiempo (por lo general en las primeras 24 hrs.) luego de la exposición a dosis levadas de mercurio.

**Intoxicación Crónica:** Es aquella que se presenta al cabo de semanas, meses o años luego de una exposición crónica o prolongada al mercurio en dosis o cantidades bajas, lo que produce una acumulación del tóxico en el organismo.

# ¿cuales son los signos y síntomas en una intoxicación aguda?

En el siguiente gráfico se describen los signos y síntomas de acuerdo a la forma de presentación del compuesto de mercurio

Efectos agudos por la exposición a compuestos de mercurio	
Formas de presentación	Signos y Síntomas
Intoxicación aguda con vapor de mercurio	Tos, disnea, espasmos musculares, temblor, traqueobronquitis, bronquitis aguda, neumonía química, insuficiencia respiratoria, irritabilidad, nerviosismo, delirios, alucinaciones, tendencia suicida, ataxia, disartria, parestesias (manos, pies, boca), disminución del campo visual, coma y muerte.
Intoxicación aguda con sales de mercurio	Estomatitis, gingivitis, sialorrea, úlcera mucosa oral, dolor retroesternal, epigastralgia, disfagia, vómito, diarrea, deshidratación, choque hipovolémico, gastroenteritis aguda, caída de los dientes, insuficiencia renal, anuria y muerte

Fuente: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31069> Mercurio. Cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia

# ¿Cuales son los signos y síntomas en una intoxicación crónica?

En el siguiente gráfico se describen los signos y síntomas de acuerdo a la forma de presentación del compuesto de mercurio

Efectos crónicos por la exposición a compuestos de mercurio	
Formas de presentación	Signos y Síntomas
Intoxicación crónica con vapor de mercurio	<p><b>Sistema nervioso:</b> Trastornos psíquicos como irritabilidad, tristeza, ansiedad, insomnio y depresión, cuadro denominado "eretismo mercurial". La señal más característica (al menos la más precoz) es el temblor que puede iniciarse en la lengua, labios, párpados o dedos, con alteración de la escritura, marcha, neuropatía periférica (trastornos sensitivos en las manos y los pies) y reducción del campo visual</p>
	<p><b>Digestivo:</b> Estomatitis mercurial con salivación excesiva, dolor gingival, úlceras en la mucosa oral, caída prematura de los dientes, halitosis, sabor metálico. Además se pueden presentar náuseas, vómito y diarrea.</p>
	<p><b>Ocular:</b> Reflejo parduzco en la cápsula anterior del cristalino (señal de Akinson) y disminución del campo visual.</p>
	<p>Renal: Proteinuria moderada, lo que sugiere la existencia de lesiones glomerulares y tubulares; en ocasiones se desarrolla síndrome nefrótico</p> <p><b>Otras alteraciones:</b> Dermatitis de contacto, con pápulas e hiperqueratosis observadas en los trabajadores.</p> <p>Efectos teratogénicos, mutagénicos y cancerígenos: Atraviesan la barrera placentaria, pueden producir aborto espontáneo, pero no es muy clara su posible acción teratogénica. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) no clasifica el mercurio metálico o sus compuestos inorgánicos como cancerígenos (clasificación grupo 3 D). La EPA ha determinado que el cloruro mercuríco y el metilmercurio son posiblemente carcinogénicos en seres humano.</p>
Intoxicación crónica por metilmercurio	<p>Efectos en el sistema nervioso central: Período prodrómico de 2 semanas a 2 meses con astenia, adinamia, apatía, miedo, depresión y deterioro intelectual. Posteriormente hay parestesias en extremidades distales, lengua y boca. En un estado más avanzado hay ataxia, disartria, parálisis motora, diplopía, campo visual estrecho, ceguera, sordez, temblor intencional, espasticidad, parálisis y puede sobrevenir el coma y la muerte.</p>
	<p>Embriotoxicidad: (Intoxicación por la exposición prenatal): Retardo en el desarrollo motor, alteración psicológica, incoordinación motora, ataxia, movimientos involuntarios, parestesias, parálisis muscular y pérdida de audición o ceguera. Intoxicación por exposición posnatal: trastornos mentales, alteraciones en la sensibilidad, parestesias distales en extremidades, lengua y labios. En casos graves se observa estrechamiento del campo visual, ceguera y alteraciones auditivas.</p>
	<p>Mutagenicidad y carcinogenicidad: El metilmercurio es un potente agente mutagénico; algunos estudios muestran la presencia de aberraciones cromosómicas con la exposición a este compuesto.</p>

Fuente: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31069> Mercurio. Cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia

# ¿Qué posibilidades hay de que el mercurio produzca cáncer?

---

Hay datos disponibles, aunque inadecuados, acerca de todas las formas del mercurio y cáncer en seres humanos. El cloruro mercúrico produjo un aumento en varios tipos de tumores en ratas y ratones, y el metilmercurio produjo tumores del riñón en ratones machos. La EPA ha determinado que el cloruro mercúrico y el metilmercurio son posiblemente carcinogénicos en seres humanos.

# ¿Qué pruebas de laboratorio existen para identificar el mercurio en el organismo?

---

Existen distintas pruebas de laboratorio para identificar la exposición al mercurio. Estas pruebas se conocen como biomarcadores o marcadores biológicos y son útiles tanto para el diagnóstico de una intoxicación como para la vigilancia epidemiológica. El mercurio puede ser medido en las siguientes muestras biológicas:

## - Sangre (se incluye la del cordón umbilical)

La presencia de mercurio en la sangre indica la exposición reciente o actual. El mercurio tiene una vida media corta en la sangre (3 días), por lo que los análisis de sangre deben realizarse durante los primeros tres días siguientes a la exposición aguda a altas concentraciones. Existe una relación directa entre las concentraciones de mercurio en sangre humana y el consumo de pescado contaminado con metilmercurio. Este se absorbe fácilmente por el tracto gastrointestinal y se distribuye a todo el cuerpo por la sangre. Por lo general, la

concentración de metilmercurio en la sangre alcanza un máximo de 4 a 14 horas y pasa a través de depuración de la sangre a otros tejidos del cuerpo después de 20 a 30 horas.

### - Cabello

El cabello secuestra durante su formación metilmercurio y muestra una relación directa con los niveles de mercurio en la sangre, por lo cual proporciona un método preciso y confiable para medir los niveles de metilmercurio en el organismo. El cabello es la opción preferida para muchos estudios, pues proporciona una muestra simple que no es invasiva, para estimar la exposición a mediano y largo plazo al metilmercurio. Una vez incorporado en el cabello el mercurio no vuelve a la sangre, por lo tanto se caracteriza como un buen marcador a largo plazo.

El mercurio total en el cabello es de aproximadamente 250 a 300 veces mayor que la concentración de mercurio en la sangre en el momento en que el cabello se forma. En nivel normal de mercurio en el cabello es de 1-2 ppm (o 1-2  $\mu\text{g/g}$ ), sin embargo, las personas que consumen pescado una o más veces por día pueden tener niveles de mercurio en el cabello por encima de 10 ppm.

### - Orina

La presencia de mercurio en orina generalmente indica la exposición a mercurio inorgánico o elemental. Los niveles de mercurio en orina se consideran la mejor medida de exposición reciente a vapor de mercurio inorgánico y a mercurio elemental, pues es utilizado para indicar los niveles de mercurio presentes en los riñones. El mercurio inorgánico acumulado en el riñón se excreta lentamente por la orina. Por tanto, estos niveles también pueden representar la exposición al mercurio elemental o mercurio inorgánico que ocurrió en algún momento en el pasado.



# ¿Cuales son los valores de referencia de mercurio en muestras biológicas?

Índices biológicos			
Sustancia	IB3	Observaciones	Referencia
Mercurio inorgánico total en orina	35 µg de Hg/g creatinina	Tiempo de muestreo: antes del turno. Notación B4	Bolivia, Reglamento en Salud Ocupacional INSO 2008 20
Mercurio inorgánico total en sangre	15 µg de Hg/L	Tiempo de muestreo: al final del turno del último día de la semana de trabajo. Notación B.	Bolivia, Reglamento en Salud Ocupacional INSO 2008 20
Mercurio inorgánico total en orina	50 µg de Hg/g creatinina		OMS Serie Informes Técnicos 647, 1980 20
Mercurio orgánico en sangre	10 µg de Hg/dL de sangre		Maximum Concentrations of the Workplace and Biological Tolerance Values for Working Materials, Weinheim, Federal Republic of Germany 1986

Fuente: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31069> Mercurio. Cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia

# ¿Cómo se diagnostica la intoxicación por mercurio?

---

Para diagnosticar una intoxicación por mercurio (aguda o crónica) se deben considerar los siguientes criterios en orden de importancia:

1. Antecedentes de la exposición: Es decir que la persona haya tenido contacto con alguna forma de mercurio.
2. Presencia de Signos y síntomas compatibles con intoxicación aguda o crónica: Según lo indicado en las tablas.
3. Exámenes de laboratorio o Biomarcadores: Para corroborar la presencia de mercurio en el organismo.

## ¿Cuál el diagnostico diferencial?

---

La intoxicación por mercurio debe ser diferenciada de otras enfermedades como ser:

Intoxicaciones por otras sustancias químicas, patologías infecciosas, uso de alcohol, otras enfermedades neurológicas, historia clínica de enfermedad renal, enfermedades psiquiátricas y uso de medicamentos, entre otras.

## ¿Cuál es el tratamiento en caso de intoxicación por mercurio?

---

Los pacientes sintomáticos que hayan sufrido exposición por inhalación a altas dosis de mercurio elemental deben concurrir a un hospital para recibir asistencia médica y seguimiento ante el posible desarrollo de una neumonitis aguda y edema pulmonar. El tratamiento básicamente es de sostén y de estabilización de la persona.

En casos de síntomas graves y altas concentraciones de mercurio elemental en la sangre, la terapia de quelación puede ser necesaria. Algunos agentes, como el ácido dimercaptosuccínico (DMSA) contienen grupos sulfhidrilo que fijan los iones de mercurio y facilitan su excreción en orina y heces.

# EFECTOS ADVERSOS AL MEDIO AMBIENTE

## ¿Qué daños al medio ambiente puede producir el mercurio?

El mercurio no se puede descomponer ni degradar en sustancias inofensivas y al ser un metal pesado no sufre degradación y persiste en el medio ambiente. Una vez liberado a partir de los minerales, o depósitos de combustibles fósiles y minerales yacientes en la corteza terrestre y emitido a la biosfera, el mercurio puede tener una gran movilidad y circular entre la superficie terrestre y la atmósfera.

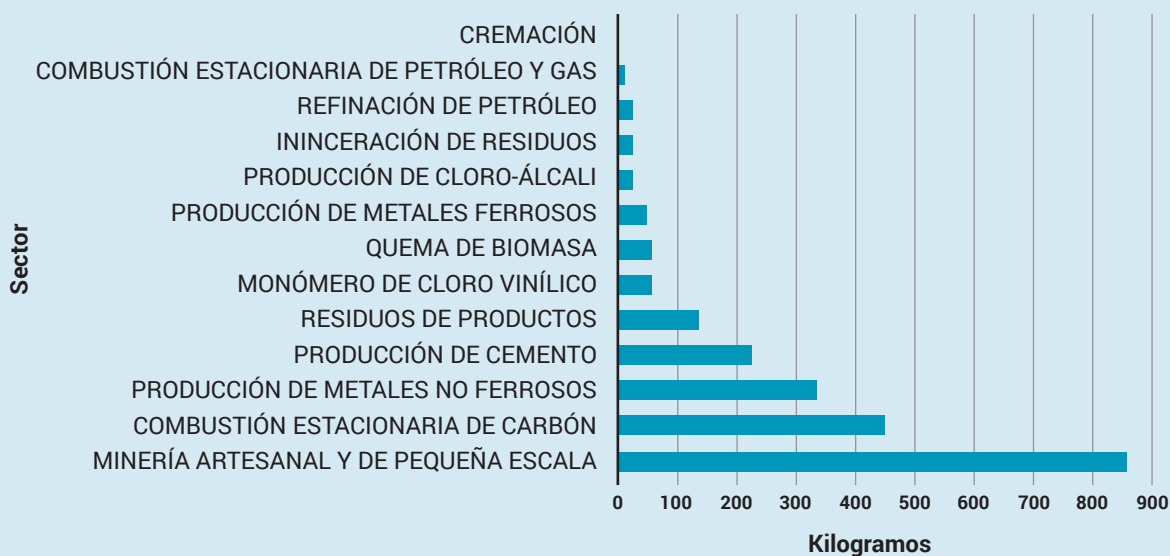
Los suelos superficiales de la tierra, las aguas y los sedimentos de fondo se consideran los principales depósitos biosféricos de mercurio. El mercurio se bioacumula a través de las cadenas tróficas acuáticas y va acumularse en los seres vivos al ser bioaccesibles por su carácter lipofílico y biomagnificar en la cadena trófica acuática, por lo que los peces de los niveles tróficos más altos tienen normalmente concentraciones de mercurio millones de veces mayores que el agua en el que viven. De esta manera el consumo tanto de pescado como de marisco contaminado es la ruta principal de exposición humana al mercurio orgánico.

# ¿Cuáles son las fuentes de emisión de mercurio para la contaminación?

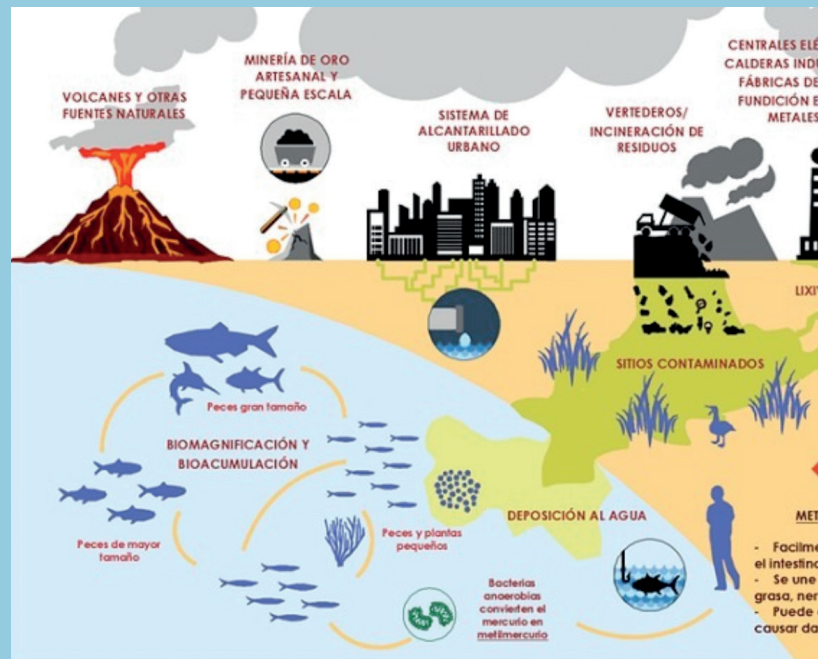
Las fuentes naturales de mercurio incluyen erupciones volcánicas y emisiones del océano. Las emisiones antropogénicas (causadas por el hombre) incluyen el mercurio que se libera de los combustibles o materias primas, o de los usos en productos o procesos industriales.

Parte del mercurio que circula por el medio ambiente actual fue liberado hace años. La tierra, el agua y otras superficies pueden enviar repetidamente mercurio a la atmósfera después de su liberación inicial al medio ambiente. Sabemos que las emisiones antropogénicas siguen aumentando considerablemente la reserva mundial de mercurio. A nivel mundial, la minería de oro artesanal y en pequeña escala (MAPE) es la mayor fuente de emisiones antropogénicas de mercurio (37,7%), seguida de la combustión estacionaria de carbón (21%). Otras grandes fuentes de emisiones son la producción de metales no ferrosos (15%) y la producción de cemento (11%). (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

## EMISIÓN DE MERCURIO POR SECTOR (2018 LA EMISIÓN GLOBAL ALCANZO 2223,594 KG)



Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente



Fuente: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/mercurio/>

En cuanto a los organismos no acuáticos, podemos decir que los carnívoros están más contaminados por mercurio que los herbívoros. Algunos estudios han demostrado que las aves marinas que se alimentan de peces presentan concentraciones de mercurio y metilmercurio relativamente altas, en contraposición a los bajos contenidos encontrados en aquellas aves que no tienen ese tipo de alimentación. No obstante, recientemente se ha comprobado que el mercurio también puede pasar a la cadena trófica a través de la vegetación.

## La minería de oro y la contaminación

La minería de oro es un proceso que genera muchos problemas ambientales, algunos de ellos como consecuencia del uso del mercurio y cianuro. Se estima que por cada kilogramo de oro, se desechan 5 kilogramos de mercurio en el medio ambiente, de los cuales una gran cantidad llega a las fuentes de agua. El uso inadecuado del mercurio, principalmente en esta minería, produce una contaminación que afecta el aire, agua, suelo, plantas, animales y finalmente, la salud humana.

Sin embargo, estas actividades no son la única fuente. Los suelos amazónicos son naturalmente ricos en mercurio por lo que las perturbaciones antropogénicas (deforestación, agricultura y minería) aceleran su liberación al medio ambiente.

El mercurio es estable en los suelos cubiertos con vegetación natural, sin embargo cuando se daña la cobertura, el mercurio es fácilmente lavado hacia los ecosistemas acuáticos. Una vez ahí, se transforma en metilmercurio, el cual es más asimilable por la biota y más tóxico que el mercurio inorgánico. El metilmercurio se bioacumula a lo largo de la cadena trófica, pasando de productores a consumidores y a los peces. Los muestran las mayores concentraciones de mercurio y metilmercurio en los ecosistemas acuáticos, además son el principal ítem alimenticio de los pobladores de la región.

## ¿Cuales son los valores de referencia de mercurio en muestras ambientales?

Matriz de	LMP	Observación	Fuente/referencia
<b>Límites en A</b>			
Mercurio		Valor Máximo aceptable para agua potable. Posibles efectos	Norma Boliviana NB 512 de
Hg	0.001 mg/L	sobre la salud por exposición que supere este valor	requisitos para agua potable de 2010) 20
Agua superficial	< 5 ng/L	Valores límite en otros tipos de aguas	U.S. National Water Quality Criteria 20
Agua de riego	0,002 mg/L	Valores límite en otros tipos de aguas	Alemania DVGW 1985. 20
Agua residual	0,002 mg/L (dia) 0,001 mg/L (mes)	Valores límite en otros tipos de aguas	Bolivia, Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, Límites para descargas líquidas (Anexo A-2) 2005. 20
<b>Límites en aire</b>			
Mercurio	1 µg/m <sup>3</sup>	Media aritmética anual	Bolivia, Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (Anexo 2) 2005

Fuente: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31069> Mercurio. Cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia

Límites en suelos		
Mercurio en suelos	1 mg/Kg	España, Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre de 1990
Mercurio en suelo seco con pH < 7	1,5 mg/Kg	
Mercurio en suelo seco con pH < 7	16 mg/Kg	
Mercurio en lodos destinados con pH < 7	25 mg/Kg	
Mercurio en lodos destinados a utilización agraria con pH > 7	0,3 mg de Hg/Kg	

Fuente: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31069> Mercurio. Cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia

Matriz de mercurio	LMP	Observación	Fuente/referencia bibli
<b>Límites en alimentos</b>			
Mariscos	1 ppm	1 parte de metilmercurio por cada millón de partes de pescados y mariscos.	FDA – EE. UU.20
Consumo humano (mercurio orgánico)	0,2 mg/sem.	Consumo máximo semanal de Hg orgánico	OMS, Clark 1992
Pescados y mariscos	0,3 mg/Kg		Comunidad Europea 1986 20
Leche, queso	0,01		1989
<b>Límites en higiene industrial</b>			
Mercurio elemental y formas inorgánicas	LMP-ED1=0,025		Bolivia, Reglamento en Salud Ocupacional INSO 2008 20
Mercurio Orgánicos: Compuestos alquílicos	LMP-ED=0,01 mg/m3		Bolivia, Reglamento en Salud Ocupacional INSO 2008 20
Mercurio Orgánicos: Compuestos alquílicos	LMP-EC2=0,03		ACGIH– EE. UU. 2007 20

Fuente: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31069> Mercurio. Cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia

# MEDIDAS DE PREVENCIÓN

## ¿Como podemos prevenir daños a la salud y al medio ambiente por el mercurio?

Para responder esta pregunta, utilizaremos la metodología de la jerarquía de controles de peligros y riesgos empleada en el ámbito de la salud y seguridad en el trabajo, que establece de manera general cinco tipos de controles o medidas de prevención. Estos son:





Desde hacen muchos años la comunidad internacional ha optado diversas iniciativas para regular en lo posible la producción, uso, manejo y gestión de este metal pesado. Las principales acciones a nivel internacional se han venido desarrollando bajo el marco del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) que han culminado con la firma del Convenio de Minamata.



**El Convenio de Minamata** fue adoptado en la Conferencia de Plenipotenciarios en 2013 en Kumamoto, Japón y entro en vigor en agosto de 2017.

El objetivo de este tratado global es **proteger la salud humana y el medio ambiente** de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio.

Incluye disposiciones en materia de **información** pública, ambiental, fomento de la **participación y fortalecimiento de capacidades**.

El Convenio busca llamar la atención sobre un metal usado a nivel mundial y omnipresente que, si bien es de origen natural, tiene un amplio uso en objetos cotidianos y se libera a la atmósfera, al suelo y al agua desde diversas fuentes. El control de las emisiones antrópicas de mercurio a lo largo de su ciclo de vida ha sido un factor clave a la hora de determinar las obligaciones del Convenio.

Los aspectos más destacados del Convenio de Minamata incluyen:

- La prohibición de nuevas minas de mercurio. La eliminación gradual de las existentes.
- La reducción del uso del mercurio en una serie de productos y procesos.
- La promoción de medidas de control de las emisiones a la atmósfera y de las emisiones a la tierra y al agua.
- La regulación inexistente del sector de la minería artesanal y a pequeña escala.
- El Convenio también se encarga del almacenamiento provisional de mercurio y su eliminación una vez que se convierte en residuo, los puntos contaminados de mercurio y temas sanitarios.



# VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA

## ¿qué es la vigilancia epidemiológica?

La vigilancia en salud es la recopilación, el análisis y la interpretación, en forma sistemática y constante, de datos específicos sobre diferentes eventos en salud para utilizarlos en la planificación, ejecución y evaluación de diferentes acciones de prevención y control eficaces.



[https://www.bbc.com/mundo/ciencia\\_tecnologia](https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia)

En las intoxicaciones producidas por el mercurio, un sistema de vigilancia permite determinar, cómo este tipo de intoxicaciones está afectando la salud de la población, los grupos de personas mas implicadas, el tipo y las características de las exposiciones de mayor riesgo y demás factores determinantes.

La finalidad es orientar acciones de prevención y control que disminuyan el efecto negativo a la salud de este contaminante en los lugares donde se lo usa o donde las personas se exponen. Además, si se relacionan los datos provenientes del sistema de vigilancia con información complementaria de otras fuentes, la vigilancia facilita la identificación de los patrones de uso del mercurio así como la evaluación de la contaminación de suelos, aguas y alimentos.

## ¿Cuales son los objetivos de la vigilancia?

Dentro los objetivos podemos mencionar los siguientes:

Determinar el número de casos y muertes por IAP según tiempo, lugar y persona (en las poblaciones y regiones de mayor riesgo, con tendencias en el tiempo) y sus principales factores determinantes, para implementar medidas de prevención y control oportunas. Esto permite también calcular la incidencia de la morbilidad y la mortalidad debido al mercurio.

Luego de identificado un brote de casos, investigar el origen y desarrollar acciones de capacitación para evitar nuevos casos (bloqueo epidemiológico).

Definir las poblaciones que pueden estar en riesgo particularmente alto.

Detectar situaciones de alerta que propicien la realización de acciones eficaces y oportunas para minimizar consecuencias negativas en la salud pública de este tipo de intoxicaciones.

Caracterizar las exposiciones de mayor riesgo para la población. Determinar las causas de intoxicación y muerte en la población.

Identificar las forma de mercurio más frecuentemente relacionados con las intoxicaciones.

Orientar el diseño de estrategias de prevención y control de esta problemática en la población.

Facilitar la evaluación de condiciones ambientales que propician situaciones de riesgo con el fin de proponer acciones de control.

# INVESTIGACIONES ACERCA DEL MERCURIO DESARROLLADAS EN BOLIVIA

## Investigación

Rivera S.J., Miranda G., Carazas B., Chincheros J., Duprey Jean-Louis. (2010). *Determinación de la concentración de mercurio en peces y lagartos, aprovechados por comunidades Takana de la cuenca del río Beni, La Paz-Bolivia. In: Contaminación por metales: impacto sobre el ambiente, la salud y la sociedad: cuaderno de resúmenes. La Paz (BOL); Lima: IRD; Cooperación Regional de Francia, p. 16. Coloquio Internacional Contaminación por Metales: Impacto sobre el Ambiente, la Salud y la Sociedad, Oruro (BOL), 2010/10/13-15.*

<https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010051400>  
<https://books.openedition.org/irdeditions/18507?lang=es>

### Resumen

La cuenca del río Iténez es afectada por actividades antrópicas que aumentan los riesgos de contaminación por mercurio, como son la minería aurífera y la deforestación. Este artículo presenta los resultados de un diagnóstico de los niveles de mercurio en sólidos suspendidos del agua, peces y pobladores ribereños. El estudio fue realizado en 2007 en el río Iténez, colector de aguas procedentes de diferentes áreas degradadas, y en dos ríos que drenan una cuenca poco intervenida (ríos San Martín y Blanco).

Las tasas de mercurio contenido en los sólidos arrastrados por los ríos aparecen bastante homogéneas en los diferentes sectores estudiados, a excepción de los arroyos que drenan la mina aurífera de San Simón (que presentan hasta 40 veces más mercurio que los demás). Existe una relación directa entre la cantidad de mercurio particular transportada por el río y su carga de sólidos. Sin embargo, aunque naturalmente de aguas claras, los

ríos que presentan un impacto (mina o deforestación) presentan un nivel de mercurio similar a los ríos de aguas blancas. Las concentraciones de mercurio en los peces del río Iténez son superiores a las encontradas en los peces de los ríos poco intervenidos. Las especies comerciales, en general carnívoras, presentan las tasas de mercurio más altas, sin embargo pocos individuos sobrepasan el límite aceptable para el consumo humano propuesto por la OMS ( $0.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

Los niveles de mercurio en los pobladores ribereños se encuentran también por debajo de los límites de riesgo para la salud con un promedio de  $2.98 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de cabello. Sin embargo, los niveles de mercurio encontrados en las comunidades situadas en la proximidad del río Iténez son mayores con relación a las comunidades de las zonas de referencia. En conclusión, se destaca que el río Iténez presenta concentraciones de mercurio en aguas, peces y poblaciones ribereñas más altas que lo que se espera en condiciones naturales, las cuales sin embargo aún no son críticas. La determinación de la velocidad de evolución de esa contaminación es recomendable para poder estimar cuales son los riesgos de alcanzar un nivel de concentración crítico y el tiempo en que se llegaría a ella.

## Investigación

*Molina Carlos I., Gibon François-Marie, Sánchez Yuba, Achá Dario, Benefice Eric, Guimaraes Jean-Remy D. Implicancia ambiental del mercurio en ecosistemas acuáticos de la Amazonía: Situación en Bolivia. Revista Virtual REDESMA [revista en la Internet]. 2010 Oct [citado 2021 Jul 14]; 4(2): 25-42.*

[http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1995-10782010000300005&lng=es](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1995-10782010000300005&lng=es).

### Resumen

El artículo muestra los principales procesos que gobiernan el origen y destino del mercurio en diferentes compartimentos ambientales de la Amazónica. No se sabe con exactitud la cantidad de contribución del Hg al ambiente entre los diferentes procesos naturales y antropogénicos, pero el trabajo muestra que estos niveles de acumulación son cada vez más altos. La forma orgánica de mercurio (metilmercurio) es la más abundante y la cual se le atribuye su potencial toxicidad en los sistemas vivos. Los sistemas acuáticos son los más afectados por su vulnerabilidad a procesos de bioacumulación y biomagnificación del metilmercurio a través de las cadenas alimentarias que pueden afectar a los seres humanos.

***Maurice Bourgoïn Laurence, Quiroga I. (collab.), Alanoca L. (collab.), Flores L. (collab.), Chincheros J. (collab.). (2001). El mercurio en la amazonia boliviana : síntesis del conocimiento sobre la contaminación por mercurio en aguas, sedimentos y peces del río Beni y sus tributarios, impactos sobre las poblaciones ribereñas; C 010057498. La Paz (BOL) ; La Paz : FONAMA ; IRD, 75p <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010025628>***

La contaminación por mercurio de los ríos constituye un problema cada vez más preocupante en toda la cuenca amazónica. Este mercurio tiene orígenes naturales como las emisiones volcánicas o termales, la disolución de algunas rocas o la erosión de los suelos cuyos, en esta zona del mundo, presentan concentraciones en metales pesados muy elevadas.

El mercurio puede provenir también de las actividades de explotación auríferas, cada vez más numerosas en la Amazonia, región afectada por la “fiebre del oro” en años pasados. Los resultados obtenidos en la cuenca amazónica boliviana son preocupantes ya que revelan concentraciones elevadas de mercurio en las especies de peces piscívoros y carnívoros para los cuales 12% de las muestras sobrepasan el valor límite establecido por la OMS (Organización Mundial de la Salud), y también en las comunidades Indígenas que se alimentan diariamente de peces del río Beni.

Hemos podido observar en las familias de esas comunidades un aumento de las concentraciones de mercurio en los niños y los más jóvenes confirmando su contaminación in útero. Esta observación es preocupante cuando se sabe que se han detectado anomalías del desarrollo psicomotor del niño en asociación a su exposición ya in útero, sin que la madre presente síntomas de intoxicación.

# Investigación

**Barbieri Gómez, F. Exposición al Mercurio en una población del bajo río Beni, temporada seca 2005. Tesis de grado. Fac. Medicina UMSA 2006.**  
<http://hdl.handle.net/123456789/1021>

## Resumen

**Objetivo:** El presente estudio busca indagar la presencia y el grado de la exposición al mercurio en la población general, a fin de establecer si la población se encuentra o no en peligro a causa de esta situación, especialmente para los principales grupos de riesgo.

**Diseño de estudio:** No experimental, de corte transversal, de prevalencia, con un análisis de riesgo tipo casos/controles anidados. **Lugar y población:** La localidad de Cachuela Esperanza (S10°32' W65°35') se encuentra a 35 km de la frontera de Bolivia con Brasil, sobre el río Beni. El estudio fue realizado sobre la población general. **Procedimiento:** El consumo de pescado es el factor de riesgo principal para la exposición de la población general al mercurio, como contaminante ambiental. Por lo tanto, se llevó a cabo una serie de cuestionarios preliminares sobre hábitos alimenticios en la cuenca del río Beni, en busca de una población con alta frecuencia de consumo de pescado, identificando de esta manera la localidad de Cachuela Esperanza. Tomando como base el censo general de la localidad, actualizado en 2005, se seleccionó por azar simple una muestra elemental de 150 personas. Se realizó a cada participante, previa firma del consentimiento informado, un cuestionario completo sobre hábitos alimenticios, así como factores sociales, demográficos y económicos de la población general. Se tomó a cada uno una muestra de cabello, que es el biomarcador de elección para este tipo de exposición, seleccionándose los 6 cm proximales de la muestra, correspondientes al crecimiento del cabello durante la temporada seca. Las muestras fueron enviadas al Centro de Toxicología de Québec. Se realizó la sistematización y el análisis de los datos coleccionados, utilizando el software de base de datos Microsoft Access® y el programa de estadística STATA 9.0®, tanto para el análisis univariado como multivariado.

**Resultados:** La media geométrica de mercurio en cabellos en la población general fue de 3.02 µg/g (IC: 2.69-3.37; rango: 0.42-15.65). La edad y el sexo no estuvieron directamente asociados con los niveles de mercurio, así como tampoco los indicadores socio-económicos. El consumo de pescado mostró una relación positiva, algo débil. El factor principal asociado con los niveles más elevados de mercurio fue la ocupación, representada por la explotación de oro a pequeña escala, utilizando métodos artesanales de quema de amalgama.



Conclusiones: Las concentraciones de mercurio en Cachuela Esperanza estuvieron por debajo de los niveles considerados de riesgo para presentar efectos sobre la salud, que son de 10 µg/g según la OMS (2002). Sin embargo, este estudio confirmó la exposición de las poblaciones a este contaminante. La situación en la Amazonía parece ser muy heterogénea. Se encontró que el elevado consumo de pescado, en sí mismo, no lleva necesariamente a alta exposición al mercurio. Sería necesario evaluar la exposición al mercurio en las regiones amazónicas donde aún no se conocen datos, utilizando un indicador estandarizado y factible de multiplicar en diversas áreas. Pese a que los niveles son bajos, se confirma que existe contaminación, motivo por el cual sería importante hacer seguimiento, en especial a los garimperos y sus familias.

Palabras clave: exposición al mercurio, Bolivia, Amazonas, consumo de pescado, explotación de oro.

# PROPUESTA FICHA DE NOTIFICACIÓN BOLIVIA

## Anexo I Propuesta de ficha de notificación, Bolivia

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA  
MINISTERIO DE SALUD Y DEPORTES  
INSTITUTO NACIONAL DE SALUD OCUPACIONAL  
BOLETA DE NOTIFICACIÓN INDIVIDUAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA PARA MERCURIO

Nombre completo del paciente: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Años \_\_\_\_\_ Meses \_\_\_\_\_

Sexo: 1. Masculino  2. Femenino

Fecha de inicio de síntomas: Día \_\_\_\_\_ Mes \_\_\_\_\_ Año \_\_\_\_\_

Residencia: Departamento \_\_\_\_\_ Provincia \_\_\_\_\_  
Localidad \_\_\_\_\_ Dirección completa \_\_\_\_\_

Teléfonos \_\_\_\_\_

Principal actividad que realiza: \_\_\_\_\_

Síntomas principales: \_\_\_\_\_

Muestra enviada: Sangre  Orina  Otro  \_\_\_\_\_

Establecimiento de salud: \_\_\_\_\_

Localidad: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_

Nombre del que informa: \_\_\_\_\_

Fuente: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31069> Mercurio. Cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia

## REFERENCIAS

1. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts46.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts46.html) Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 1999. Reseña Toxicológica del Mercurio (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública.
2. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/mercury/>
3. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31069> Cooperación técnica entre Brasil, Bolivia y Colombia: teoría y práctica para el fortalecimiento de la vigilancia de salud de poblaciones expuestas a mercurio
4. Ministerio de Salud. Guía Clínica: Vigilancia Biológica de la Población Expuesta a Mercurio en la Comuna de Arica. Santiago: MINSAL, 2014
5. [http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Portal+de+la+Salud/Profesionales/documentacion+y+publicaciones/Otras+publicaciones/Libro+electronico+de+Toxicologia/](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Portal+de+la+Salud/Profesionales/documentacion+y+publicaciones/Otras+publicaciones/Libro+electronico+de+Toxicologia/) Servicio Navarro de Salud Libro electrónico de toxicología clínica. Metales, Mercurio.
6. <https://www.mercuryconvention.org/Convenio/Texto>
7. <https://www.paho.org/es/temas/seguridad-quimica/mercurio>
8. [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/mercury\\_asgm\\_es.pdf?ua=1](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury_asgm_es.pdf?ua=1) Efectos de la exposición al mercurio en la salud de las personas que viven en comunidades donde se practica la minería aurífera artesanal y en pequeña escala.
9. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/mercurio/>
10. [https://www3.paho.org/Spanish/SHA/be\\_v22n4-plaguicidas.htm](https://www3.paho.org/Spanish/SHA/be_v22n4-plaguicidas.htm). Sistema de vigilancia epidemiológica de intoxicaciones por plaguicidas.

# Notas

A blank sheet of lined paper with a teal border, intended for taking notes. The paper is white with horizontal dashed lines. The word "Notas" is written in a teal, cursive font at the top center. The paper is set against a light blue background.

# Notas

A large, blank sheet of white paper with rounded corners, featuring horizontal dashed lines for writing. The paper is set against a light blue background and has a darker blue border on the right and bottom edges, suggesting it's part of a notebook or binder.

# Notas

A blank sheet of lined paper with a teal border, intended for taking notes. The paper is white with horizontal dashed lines. The word "Notas" is written in a teal, cursive font at the top center. The paper is set against a light blue background.



