

**ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA INTOXICACIÓN POR MERCURIO EN LA  
SALUD DE LOS MINEROS DE ORO A PEQUEÑA ESCALA EN  
COLOMBIA**

**MARÍA JOSÉ RODRÍGUEZ SÁNCHEZ**

**ASESOR: ANDRES VARGAS PEREZ**



**DIVISIÓN DE HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES  
INSTITUTO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS DEL CARIBE  
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA  
BARRANQUILLA, COLOMBIA**

## 1. Introducción

Colombia es uno de los países que más libera mercurio al mundo (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018). Este elemento es utilizado en el desarrollo de extracción del oro en la actividad de la minería aurífera. La minería aurífera o artesanal se define como “*la extracción de oro llevada a cabo por mineros individuales o pequeñas empresas con una producción y una inversión de capital limitadas*” (Lennett & Gutiérrez, 2014). Sin embargo, este elemento tiene implicaciones nocivas en el ecosistema natural y en la salud humana.

Los efectos asociados directa e indirectamente por la exposición al mercurio afectan la salud humana tanto de mineros como a los individuos que no se dedican a esta actividad laboral. Estos efectos se pueden clasificar en términos económicos y de salud. Un objetivo de desarrollo sostenible propone que se debe “*Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos y todas en todas las edades*” (Ministerio de asuntos exteriores, Unión Europea y Cooperación, s.f). Por lo tanto, en orden de responder a las metas mundiales de salud y bienestar, la estimación de los efectos directos sobre la salud humana relacionados al mercurio en la minería aurífera colombiana es fundamental para mejorar estos aspectos. Este análisis permite establecer el primer vínculo necesario para una valoración económica, los cambios generados en la salud a partir de los cambios en el ambiente. En este orden de ideas, el objetivo de este proyecto de investigación es determinar la carga global de la intoxicación por mercurio en los mineros artesanales de oro en Colombia.

En la primera sección de este trabajo se presenta la justificación del estudio, la importancia de analiza los cambios en la salud asociados a la exposición del mercurio en la minería de oro en Colombia. En el segundo segmento, se presentan los objetivos de la

investigación. En la tercera sección del referente teórico, se expone la importancia de las valoraciones económicas ambientales, y la evidencia empírica de los cambios en salud vinculados con el mercurio. Seguido, la metodología del estudio, la cual corresponde a los Años de vida ajustados por discapacidad (AVAD). Por último, se presentan los resultados y las conclusiones del análisis.

## **2. Planteamiento del problema y su contexto**

La minería de oro a pequeña escala es una actividad económica que se practica a nivel mundial (aproximadamente es llevada a cabo por más de setenta países), en la cual, el mercurio es un elemento clave en la extracción artesanal del oro (Dubourg, 2018). El proceso de minería de oro artesanal conlleva diferentes etapas, extracción, procesamiento, concentración, amalgamación, quema y refinación. En el proceso de quema “*la amalgama se calienta para vaporizar el mercurio y separar el oro*” (OMS, 2017). Este proceso de la minería artesanal de oro a pequeña escala, representa la mayor fuente de mercurio, con una contribución del 37% en el total de las emisiones (Dubourg, 2018). El uso del mercurio se debe a que genera aumentos en la productividad del proceso de extracción del oro, esto es un gran incentivo para su implementación (Gasca, 2000).

Colombia es el tercer país que más libera mercurio al mundo (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018). Esto repercute en la salud y el bienestar del entorno, por medio de los cambios que genera el mercurio en el ambiente. Una externalidad ocurre las acciones de un agente afectan de cierta manera el bienestar de otro individuo (Hindricks & Myles, 2011), en el caso de la contaminación por mercurio, refiere a una externalidad negativa. Estas externalidades que repercuten de manera negativa en la salud humana. Estos efectos se pueden generar, por ejemplo, a través de la inhalación de vapores y el consumo de peces contaminados por metilmercurio (Dubourg, 2018; Ministerio de Salud y Protección Social,

2018). Además, la exposición al vapor de mercurio pueden causar eretismo (“la enfermedad del sombrero loco”), temblor, gingivitis (Steckling et al., 2014). En la siguiente tabla se presentan los efectos del mercurio en la salud, organizados por el sistema del cuerpo humano que resulta principalmente afectado.

**Tabla 1. Efectos del mercurio en la salud, por sistemas afectados**

<b>Sistema principal afectado</b>	<b>Repercusiones en la salud</b>
<b>Sistema inmune</b>	Repercusiones asociadas a la teratogénesis y carcinogénesis (Crespo-López et al., 2009), genotoxicidad (Lee C-H et al., 1997) e inmunotoxicidad (Silbergeld et al., 2005).
<b>Sistema nervioso.</b> <i>La mayoría de las consecuencias negativas en la salud de las personas afectan este sistema (Salud, 2016)</i>	Pérdidas en la visión (Barboni MTS et al., 2008), deterioro las células encargadas de la recepción de la vista (Bridges CC et al., 2007), daño oxidativo (Farina M et al., 2011), neurotoxicidad y apoptosis (Ceccatelli S et al., 2010).
<b>Sistema neurológico</b>	Afectación alta en el riesgo de parestesias entre la población no minera y los mineros informales de la actividad minera aurífera (Gasca, 2000).
<b>Coficiente intelectual</b>	Por ppm de mercurio en el cabello materno había una pérdida de -0,13 puntos de CI (Ryan, 2005). Cambio negativo en la inteligencia, menor respecto a la pérdida de cognición (Trasande, Landrigan, & Schechter, 2005).

Fuente: Elaboración propia a partir de (Crespo-López et al., 2009; Lee C-H et al., 1997; Silbergeld et al., 2005; Barboni MTS et al., 2008; Bridges CC et al., 2007; Farina M et al., 2011; Ceccatelli S et al., 2010; Gasca, 2000; Ryan, 2005; Trasande, Landrigan, & Schechter, 2005)

En pro de reducir los efectos negativos en la salud y así mejorar la calidad de vida, en el 2013 en Colombia se firmó el Convenio de Minamata sobre el mercurio, un tratado mundial para preservar la salud (PNUMA, 2019; Grueso, 2019). Se ha propuesto aumentar la conciencia de los mineros sobre las repercusiones negativas en la salud por la exposición al mercurio (Ministerio de Minas, 2016). No obstante, debido a que sus efectos no sólo afectan a la población minera, el estímulo a las investigaciones y programas de prevención, control y atención son vitales para incrementar el bienestar de la (Gasca, 2000). Esta investigación analiza los cambios en la salud asociados a la exposición del mercurio en la minería de oro en Colombia.

### **3. Pregunta y objetivos de investigación**

#### **3.1 Pregunta de investigación**

¿Cuál es la carga global de la intoxicación por mercurio en términos de los años ajustados por discapacidad (AVAD) en los mineros artesanales de oro en Colombia?

#### **3.2 Objetivo general**

Identificar los años ajustados por discapacidad (AVAD) por la carga de la intoxicación de mercurio en los mineros de oro a pequeña escala en Colombia

#### **3.3 Objetivos específicos**

- Estimar el efecto en la salud de la población minera, ocasionados por la exposición al mercurio en la minería de oro a pequeña escala en Colombia.
- Analizar el empleo de los años ajustados por discapacidad (AVAD) en la relación costo-efectividad de las políticas que apoyan el Convenio Minamata en Colombia.

#### **4. Marco teórico y revisión de literatura**

En los estudios económicos ambientales, es de suma importancia la valoración económica ambiental. Esta herramienta es fundamental en el apoyo de las decisiones de políticas asociadas al medio ambiente, porque brinda una estimación monetaria de los recursos o servicios naturales (Bishop & III, 1996). En orden de resaltar la relevancia de las estimaciones de los efectos en la salud asociados al mercurio, se categoriza la información en cuatro secciones. Primero, se presenta la relevancia de la valoración económica ambiental y las asociaciones requeridas para realizar una. Segundo, se expone el vínculo entre el cambio en salud humana y su equivalente monetario. Tercero, la asociación entre el cambio en el ambiente y la salud humana. Por último, se presenta la evidencia empírica de los cambios en salud asociados al mercurio.

##### **4.1 Valoración económica ambiental**

La valoración económica ambiental refiere al establecimiento de un valor cuantitativo monetario a los bienes y servicios proporcionados por el medio ambiente, independientemente de la existencia de un precio de mercado (Barbier, Acreman, & Knowler, 1997), es decir, se asigna un equivalente en términos monetarios a un recurso natural. Al respecto, (Bishop & III, 1996) plantea que la valoración económica ambiental es clave en la base de la información que apoya las decisiones de política ambiental, referente a la gestión de los recursos del medio ambiente. Dado que los cambios ambientales afectan, ya sea directamente o indirectamente la salud de los seres humanos (Barbier et al., 1997), es fundamental analizar el impacto de los cambios del ambiente en la salud de los individuos.

Acorde con Bishop & III (1996), es posible estimar los valores monetarios de los cambios en la salud humana que se asocian con los cambios ambientales. Sin embargo, se resalta que existen dos vínculos en la estimación de este valor económico. Primero está la

asociación entre el cambio en el ambiente y el cambio en la salud humana; y luego, el vínculo entre el cambio en salud humana y su equivalente monetario (Bishop & III, 1996). Este autor plantea que los métodos de preferencia revelada permiten establecer los cambios en la salud de los individuos que se originan por cambios en el ambiente. Estos vínculos se pueden analizar en conjunto, por medio de un modelo integral de comportamiento y elección individual, el cual proporciona un fundamento en la medición de la disposición a pagar en función de los cambios ambientales. Por otra parte, se pueden analizar los vínculos por separado, primero se estima el cambio en salud de los individuos asociados a cambios ambientales, luego, se estima su equivalente monetario.

#### **4.2 Equivalente monetario de los cambios en salud asociados al mercurio**

En la asignación de un equivalente monetario de los cambios en la salud por cambios en el ambiente, se utiliza en la disposición a pagar, la cual, es la cantidad que una persona está dispuesta a pagar por reducir los efectos en su salud o el ambiente, o esté dispuesto a recibir para ser compensado por la afectación de los efectos (Bishop & III, 1996). En el escenario de la contaminación y el mercurio, específicamente en el análisis de los beneficios del control de las emisiones de mercurio, se identifica un estudio de valoración contingente sobre el valor de los beneficios para la salud humana y el medio ambiente de la reducción de las emisiones de mercurio, en Estados Unidos (Hagen, Vincent, & Welle, 1999), el cual, a partir de las preferencias de las personas se estima la disposición a pagar de las personas por la reducción en la salud y los efectos en el medio ambiente resultante de la deposición de mercurio. Sin embargo, la mayoría de las evaluaciones económicas que se centran en los beneficios de controlar las emisiones de mercurio, se fundamentan en la generación de electricidad por la combustión de carbón y la estimación de los impactos asociados a la ingesta de metilmercurio en la salud humana (Dubourg, 2018). Acorde con Dubourg (2018),

estos estudios toman muestras biológicas, cuyos resultados indican el nivel de mercurio presente en el cuerpo humano. Algunas consecuencias de la exposición se generan por el consumo de peces provenientes de fuentes hídricas contaminadas con mercurio, inhalación de vapores por quema de amalgama (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018), que afectan la salud de la población.

### **4.3 Cambios en el estado de salud asociados al mercurio**

#### **4.3.1 *Métodos de valoración de cambios en salud***

Por otra parte, en la literatura se reconocen diversos métodos para valorar los cambios en el estado de salud. Algunos métodos son, el valor de una vida estadística (por sus siglas en inglés, VSL), los años de vida ajustados por calidad (AVAC), y los años de vida ajustados por discapacidad (AVAD). En la tabla 2 se sintetizan las ventajas y desventajas de los métodos mencionados.

#### ***Valor de una vida estadística***

El valor de una vida estadística es una técnica que se emplea considerando el valor económico de la reducción del riesgo de muerte temprana. Concretamente, permite evaluar las políticas que reducen el riesgo de fallecer. Acorde con Bishop & III (1996), el valor de una vida estadística (VSL), es la agregación de las reducciones de riesgo experimentadas por muchas personas expresadas en una sola medida. De esta manera, Bishop & III (1996) expone que el valor de una vida estadística es la disposición a pagar para obtener esa disminución en el riesgo de muerte.

#### ***Años de vida ajustados por calidad, AVAC***

Los años de vida ajustados por calidad (AVAC), es una medida del rendimiento de los tratamientos e intervenciones médicas (Bishop & III, 1996). Acorde con este autor, los AVAC capturan el grado de mejora de la salud y el intervalo de tiempo en el que se produce



la mejora, incluyendo cualquier aumento en la duración de la vida misma. La duración se mide en años de vida; y la calidad se indexa con un número entre 0 y 1, donde 0 es la muerte y 1 es un perfecto estado de salud (Bishop & III, 1996). De esta manera, si una intervención médica logra que un paciente tenga un año adicional para un perfecto estado de salud, se dice que dicha intervención produjo un AVAC. En la evaluación de políticas de salud los números de AVAC producidos para cada paciente o receptor de tratamiento se suman para obtener una medida agregada de la eficacia del programa.

Se identifican tres enfoques para establecer la ponderación de la calidad a diferentes estados de salud. El primero, considera una encuesta al público de interés, donde se desarrolla una descripción de un estado de salud que incluye los síntomas, el grado o nivel de dolor, el grado de deterioro de la actividad o la función, y así sucesivamente (Gold y otros, 1996; Fabian 1994). Segundo, está el enfoque de compensación de tiempo, en el cual, los individuos pueden elegir entre: vivir en un estado determinado de salud que no es perfecto durante un período de tiempo fijo (T), o vivir un período de tiempo más corto (N) en perfecto estado de salud (Bishop & III, 1996). El número de años de salud perfecta varía hasta que el individuo se muestra indiferente entre las dos opciones anteriormente planteadas. La ponderación que se asigna al estado de salud deteriorado corresponde a  $N/T$ .

El último enfoque, consiste en un método para obtener utilidades cardinales por Von Neumann and Morgenstern (1944). El individuo escoge entre dos escenarios, (1) vivir con un mal estado de salud con certeza durante el resto de la vida normal, y (2) una apuesta en la que un resultado es vivir durante el mismo tiempo con salud perfecta (probabilidad  $p$ ) y el otro escenario es la muerte (probabilidad  $1-p$ ) (Bishop & III, 1996). La probabilidad varía hasta que exista indiferencia por el individuo. El peso de la calidad para el estado de salud

especificado es la probabilidad  $p$ , que refiere al punto en que el individuo percibe la misma utilidad en las dos opciones.

Acorde con (Bishop & III, 1996), dada la forma en que se utilizan los AVAC en la evaluación de políticas, son coherentes con la teoría de la utilidad y la teoría económica de las preferencias individuales sólo si las funciones de utilidad y las estructuras de preferencia de los individuos satisfacen algunas condiciones bastante restrictivas. La primera condición es la neutralidad del riesgo respecto de la longevidad, lo que significa que un individuo es indiferente a las pautas de los riesgos de mortalidad que tienen la misma esperanza de vida. La segunda condición es el equilibrio proporcional constante (de la longevidad para la salud), lo que implica que la fracción de la longevidad restante que un individuo comerciaría para mejorar su salud de un estado a otro (para el resto de su vida) no depende de su longevidad. Una condición adicional es que las preferencias de un individuo por la salud y la longevidad son de utilidad independiente de su riqueza y sus ingresos futuros, lo que significa que sus preferencias por los riesgos que afectan a la salud o la longevidad no dependen de los ingresos.

### ***Años de vida ajustados por discapacidad, AVAD***

Los años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) son una medida que agrega la mortalidad prematura y la incapacidad que genera una enfermedad o lesión específica (Ronald, 2015). Un “AVAD” es un año de vida saludable perdido por morir prematuramente y/o por vivir con discapacidad. Acorde con (Ronald, 2015), el empleo de los AVAD permite cuantificar la disminución en salud a consecuencia de una enfermedad o padecimiento, teniendo como referencia el tiempo medido en años. De esta manera, se considera los años que una persona perdió por una muerte a temprana edad, y el originado por alguna discapacidad.

Este método, apoya la toma de decisiones políticas, combina varias dimensiones de la enfermedad y permite comparar los peligros, las enfermedades, los años y las poblaciones y ofrece formas de vigilar las cuestiones de salud pública (Steckling et al., 2014). La determinación de los AVAD es fundamental en la salud pública, da una visión importante sobre la relevancia y la necesidad de reducir la carga de esta cuestión desatendida (Steckling, Devleeschauwer, et al., 2017).

Se critica el subjetivismo del AVAD en el cálculo de las severidades de las enfermedades y sus consecuencias (Arnesen & Nord, 2000; Seuc & Domínguez, 2002). No obstante, es importante tener en cuenta que esa pérdida de calidad de vida asociada a una determinada lesión, conlleva subjetividad por la relatividad misma del concepto calidad de vida (Seuc & Domínguez, 2002). Otro aspecto que representa un área de mejora en el cálculo de los AVAD es la comorbilidad. Será necesario estimar la prevalencia en la población de las comorbilidades y estimar la severidad para cada morbilidad (Seuc & Domínguez, 2002). Sin embargo, no se ha establecido un indicador que atienda las falencias encontradas en el cálculo de los AVAD y es posible emplear la herramienta de manera adecuada.

**Tabla 2. Ventajas y desventajas de los métodos VSL, AVAC y AVAD**

<b>Método</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<i>Valor de una vida estadística (VSL)</i>	-Toma como medida del resultado de la política, el cambio en la probabilidad de morir y la reducción de los días de enfermedad (Bishop & III, 1996).	-Es una medida de resulta que es una simplificación de una realidad más compleja (Bishop & III, 1996).

<p><i>Años de vida ajustados por calidad, AVAC.</i></p>	<p>-Es una medida simple e intuitiva de la eficiencia de las intervenciones médicas (Bishop &amp; III, 1996). - Captura el grado de mejora de la salud y el intervalo de tiempo en el que se produce la mejora (Bishop &amp; III, 1996).</p>	<p>-Es coherente con la evaluación de políticas ambientales, si la teoría de la utilidad y la económica de las preferencias de los individuos satisfacen supuestos restrictivos (Bishop &amp; III, 1996).</p>
<p><i>Años de vida ajustados por discapacidad, AVAD.</i></p>	<p>-Incorpora la medición de problemas de salud no fatales (Ronald, 2015). -Realiza la estimación en unidades que son apropiadas en las valoraciones de costo-efectividad de intervenciones en términos de costo por año restablecido (Ronald, 2015) -Define en único valor, los años perdidos por muerte temprana más los años vividos con la</p>	<p>-Subjetivismo de la pérdida de la calidad de vida por lesión (Arnesen &amp; Nord, 2000; Seuc &amp; Domínguez, 2002). -Comorbilidad (Seuc &amp; Domínguez, 2002).</p>

	<p>discapacidad por alguna enfermedad, teniendo en cuenta la severidad y duración especificada de la mencionada enfermedad o lesión. (Ronald, 2015)</p>	
--	---	--

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (Bishop & III, 1996; Ronald, 2015; Arnesen & Nord, 2000; Seuc & Domínguez, 2002)

#### **4.4. Evidencia empírica de los cambios en salud asociados al mercurio**

En la literatura se reconocen pocos estudios que realicen valoraciones económicas en el caso particular de la contaminación y la exposición al mercurio (Dubourg, 2018). Específicamente, considerando los estudios que observen cambios en salud asociados a la exposición del mercurio en la minería artesanal en pequeña escala. Se han realizado estudios que cuantifican los efectos de la intoxicación crónica por mercurio, particularmente en la minería artesanal en pequeña escala (Steckling et al., 2014; Steckling, Devleesschauwer, et al., 2017; Steckling, Tobollik, et al., 2017). A partir de estos estudios, se sugiere que los casos de intoxicación en los mineros de pequeña escala es una problemática del sector salud, que no es atendido satisfactoriamente.

Al respecto, Steckling, Tobollik, et al., (2017) realizaron un análisis en los trabajadores mineros, en el cual, se estimó la prevalencia de la intoxicación laboral por mercurio. Estos autores concluyeron que aproximadamente entre 3,3 y 6,5 millones de mineros a nivel mundial padecen de intoxicación crónica por vapor de mercurio metálico moderado (Steckling, Tobollik, et al., 2017).

Por otra parte, Steckling et al., (2014) realizó un estudio para la población rural en Zimbabwe. En el estudio por medio de un algoritmo cuantificó los años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) por el empleo de mercurio en la minería a pequeña escala en la población de Zimbabwe (Steckling et al., 2014). Se concluyó que, manteniendo los supuestos empleados, *“es probable que la intoxicación crónica por mercurio haya sido uno de los 20 principales peligros para la salud de la población de Zimbabwe en 2004”* (Steckling et al., 2014). Esto resalta el impacto negativo de la salud poblacional de una zona minera.

La exposición al mercurio en el desarrollo de la actividad económica de la minería de oro y el consumo de pescado contaminados genera diversos efectos en los humanos (Salud, 2016). Estos efectos negativos en la población se pueden categorizar teniendo en cuenta el sistema que afectan el cuerpo humano. A continuación, en la tabla 2, se presenta un resumen de los estudios encontrados.

Para contrarrestar los efectos negativos sobre la salud se han generado alternativas de políticas que se fundamentan en los impuestos de contaminación y la economía del comportamiento (Gasca, 2000). Sin embargo, hay cierta dificultad en aplicación de medidas de prevención e intervención (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018), referentes a las afectaciones en la salud vinculadas al mercurio. En orden de presentar un análisis que contribuya al debate y soporte la necesidad de crear estrategias que permitan disminuir las diversas externalidades negativas en la salud, anteriormente expuestas, este proyecto de investigación pretende presentar un análisis de la carga global de la intoxicación por mercurio en términos de los años ajustados por discapacidad (AVAD) en los mineros artesanales de oro en Colombia.

## **5. Metodología**

En este proyecto de investigación se realizó una valoración de los cambios en la salud asociados a la exposición del mercurio en la población dedicada a la minería de oro de Colombia. Con tal fin, se empleó el indicador de los años de vida ajustados por discapacidad (AVAD). En este estudio se emplea un enfoque cuantitativo que permite partir de la información teórica disponible, emplear un análisis con los datos disponibles, y determinar el grado de significación de las variables consideradas (Monje Álvarez, 2011).

### **5.1 Caso de estudio**

La estimación se enfoca únicamente en los mineros artesanales de oro a pequeña escala en Colombia. Teniendo en cuenta las restricciones de los datos, se realizan dos consideraciones. La primera, se excluye del análisis a la población expuesta al medio ambiente o cercana a trabajadores mineros; y la segunda, no hay ponderación por edad, ni tiempo (Steckling, Tobollik, et al., 2017).

### **5.2 Cálculo de los AVAD**

Acorde con (Steckling, Tobollik, et al., 2017) la cuantificación de los años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) se representa como la sumatoria de los años de vida perdidos (AVP) y los años vividos con discapacidad (AVD). A su vez, los años de vida perdidos son la multiplicación de los casos de muerte por una enfermedad, por la esperanza de vida restante a la edad de la muerte (Steckling, Tobollik, et al., 2017). Por su parte, los años vividos con discapacidad con base en la prevalencia, corresponden al producto del número de casos prevalentes de una enfermedad específica por el peso de la enfermedad (PE) (Steckling, Tobollik, et al., 2017). Acorde con Steckling (2017), el peso o la gravedad de la enfermedad se representa en una escala de 0 (salud perfecta) a 1 (pésimo estado salud).

Formalmente,

$$AVAD = AVP + AVD \quad (1)$$

$$AVD = \text{casos prevalentes} * PE \quad (2)$$

Donde,

*AVAD: Años de vida ajustados por discapacidad*

*AVP: Años de vida perdidos*

*AVD: Años vividos con discapacidad*

*PE: Peso o gravedad de la enfermedad en una escala de 0 a 1*

Un estudio analizó la mortalidad de los trabajadores expuestos al vapor de mercurio en comparación con el personal laboral que no estaba expuesto, y no encontró una tasa de mortalidad alta (Cragle, Hollis, Qualters, Tankersley, & Fry, 1984). Los autores plantean que, en la evaluación de la exposición del mercurio, no es adecuado incluir la mortalidad (Steckling et al., 2014). Por lo anterior, se mantiene el supuesto de que no hay muertes por intoxicación crónica moderada y grave por vapor de mercurio metálico.

Formalmente,

$$AVP = 0 \quad (3)$$

$$AVAD = AVD = \text{casos prevalentes} * PE \quad (4)$$

### **5.2.1 Número de mineros**

Las estimaciones del número de mineros artesanales se extrajeron del censo minero departamental que se realizó por secciones durante 2010-2011 ( Ministerio de Minas y Energía , 2010-2011). En la tabla 3, se presentan el número de mineros por departamentos en Colombia. A partir de los datos, se plantea que los cinco departamentos con mayor número



de mineros son respectivamente, Antioquia, Boyacá, Norte de Santander, Cundinamarca y Bolívar.

**Tabla 3. Número de mineros por departamentos en Colombia**

<b>Departamento</b>	<b>Número de mineros</b>	<b>Porcentaje de mineros en Colombia</b>
Antioquia	19247	18,7%
Atlántico	1143	1,1%
Bolívar	10073	9,8%
Boyacá	15120	14,7%
Caldas	1303	1,3%
Caquetá	457	0,4%
Cauca	2055	2,0%
César	2017	2,0%
Córdoba	1214	1,2%
Cundinamarca	12813	12,5%
Chocó	5981	5,8%
Huila	1093	1,1%
La Guajira	1540	1,5%
Magdalena	1994	1,9%
Meta	590	0,6%
Norte de Santander	14187	13,8%
Risaralda	1280	1,2%
Santander	4067	4,0%
Tolima	3144	3,1%
Valle del cauca	1415	1,4%
Arauca	391	0,4%
Casanare	715	0,7%
Putumayo	903	0,9%
<b>Total</b>	<b>102742</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: (DNP, 2016)

Es importante resaltar que en Colombia el 86,7% de las minerías de oro no cuenta con un título minero ni una licencia ambiental (García, y otros, 2017), esto dificulta el control del uso del mercurio. Además, 3584 minas no cumplen los controles económicos, sociales y

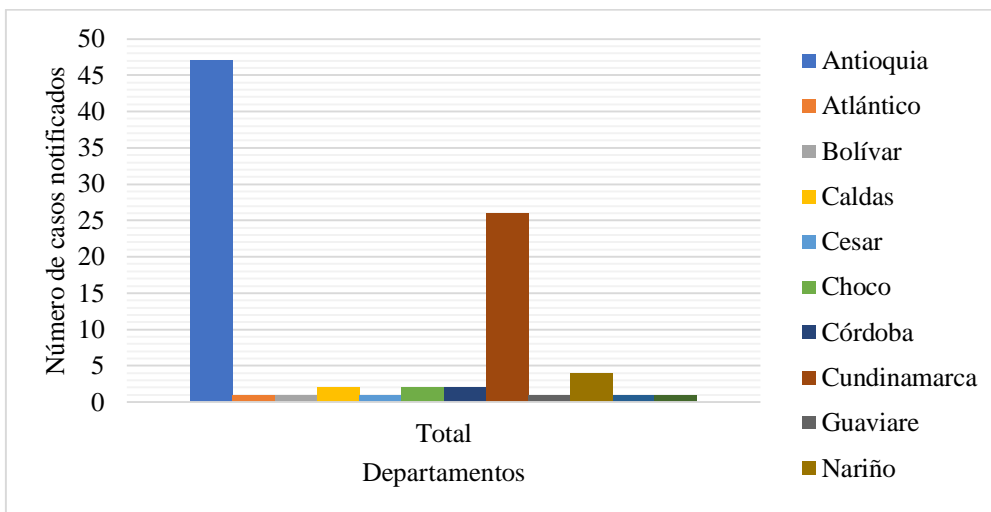
ambientales (García, y otros, 2017). Por lo anterior, no están garantizados los estándares de trabajo para los mineros.

### **5.2.2 Casos reportados por intoxicación por mercurio**

Respecto a la salud, se tienen en cuenta los efectos directos en la salud asociados a la exposición crónica al vapor de mercurio metálico, esta es la principal exposición de la minería de oro artesanal a pequeña escala (UNEP DTIE Chemicals Branch & WHO Department of Food Safety, 2008). Los trabajadores de la minería de oro a pequeña escala se ven afectados por diversas enfermedades y/o factores de riesgo que deterioran su salud. “*En adultos, los vapores de mercurio metálico son los más dañinos*” (DNP, 2016). Además, el DNP (2016), plantea que en el caso de las exposiciones a mercurio pueden ser agudas o crónicas, en el caso de intoxicación crónica se asocian con las funciones cognitivas y el comportamiento de los individuos. En este estudio se tienen en cuenta los casos afectados de intoxicación por mercurio en Colombia, a nivel departamental disponibles en el período 2013-2015. Estos datos provienen de los reportes encontrados en el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) del Instituto Nacional de Salud (INS) en 18 departamentos del país. Es importante aclarar que estos casos de intoxicación por mercurio se reportaron entre los años 2013-2015, y corresponden a los casos de intoxicación aguda atendidos en unidades hospitalarias (García, y otros, 2017). Acorde con (García, y otros, 2017), la principal limitación de estos datos es el subregistro en ellos, dado la ausencia de los casos de intoxicación crónica por mercurio.

En el gráfico 1, se presentan los casos reportados por intoxicación de mercurio en el año 2013. A partir de la gráfica se observa que Antioquia y Cundinamarca, son los departamentos que cuentan con un mayor número de casos reportados respecto al resto de departamentos.

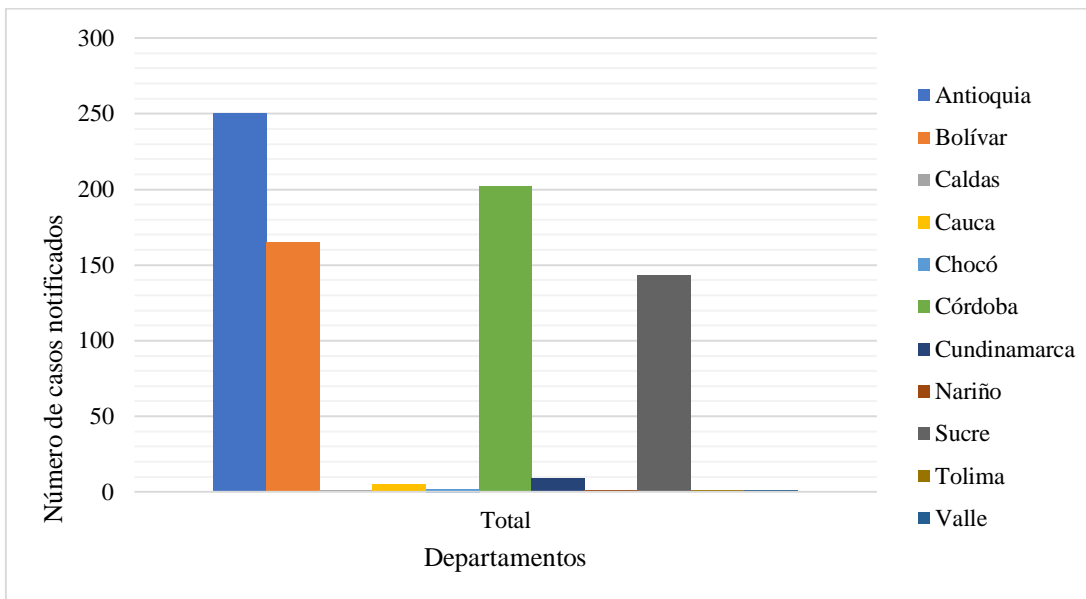
**Gráfico 1. Casos notificados por intoxicación de mercurio, año 2013**



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (DNP,2016)

En el gráfico 2, se encuentran los casos reportados de intoxicados por mercurios para el año 2014. En el cual, se incrementan en Bolívar y Córdoba considerablemente los casos reportados de intoxicados. De esta manera, los departamentos con mayor número de casos respectivamente son Antioquia, Córdoba, Bolívar y Sucre.

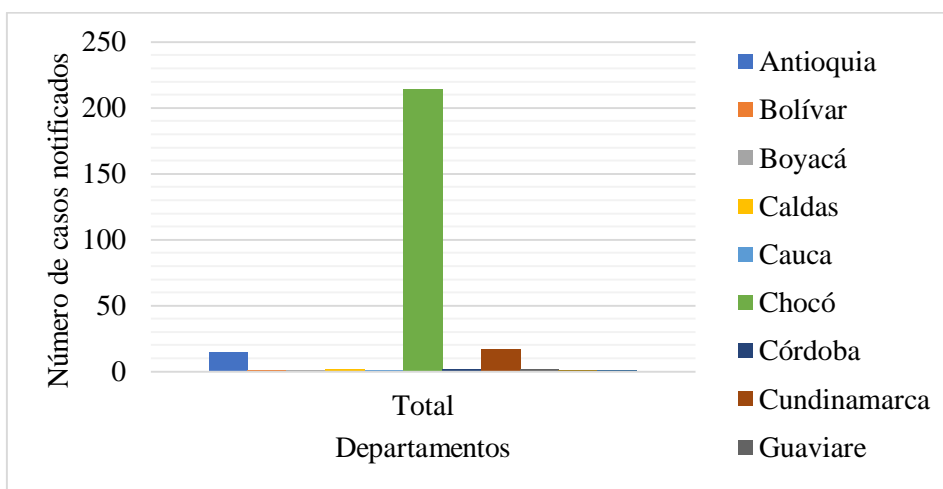
**Gráfico 2. Casos notificados por intoxicación de mercurio, año 2014**



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (DNP,2016)

Por otra parte, en el gráfico 3 se presentan los casos notificados por intoxicación de mercurio en el año 2015. A partir de los datos se observa que hay una disminución considerable de intoxicados por mercurio en los departamentos de Antioquia y Cundinamarca. Sin embargo, hay un incremento en el departamento de Chocó, destacándose como el departamento con un número mayor de intoxicados reportados en el 2014.

**Gráfico 3. Casos notificados por intoxicación de mercurio, año 2015.**



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (DNP,2016)

Durante el período (2013-2015) el 93% de los casos reportados se concentran en cinco departamentos, se ilustra en la tabla 3.

**Tabla 3. Concentración del 93% de los casos reportados por intoxicación (2013-2015)**

Departamento	Número de casos (2013-2015)
Antioquia	312
Chocó	218
Córdoba	206
Bolívar	167
Sucre	143

Fuente: (García, y otros, 2017).

### **5.2.3 Peso de la enfermedad**

Para calcular los años de vida con discapacidad (AVD), es necesario definir un valor determinado al peso o gravedad de la enfermedad. Acorde con (Steckling, Devleeschauwer, et al., 2017), se establece el peso de la enfermedad en casos moderados de (DW: 0,368; intervalo de incertidumbre [UI]: 0,261-0,484) y graves de intoxicación crónica por vapor de mercurio metálico (DW: 0,588, UI: 0,193-0,907).

Los casos registrados en las unidades hospitalarias durante (2013-2015) de intoxicación aguda por mercurio en Colombia. La exposición aguda a altos niveles de mercurio se caracteriza por los siguientes efectos: lesiones al pulmón, náusea, vómitos, diarrea, aumento de la presión sanguínea o del pulso, salpullidos e irritación a los ojos” (DNP, 2016).

### **5.4. Empleo de los AVAD en la relación costo-beneficio de políticas que apoyen el Convenio Minamata en Colombia**

Acorde con (Ronald, 2015) el estudio de la carga global de la enfermedad permite estimar el costo-efectividad de una intervención realizada por el sector salud, ya sea a nivel nacional o internacional. Este empleo permite reconocer desigualdades en salud, proporcionar prioridades en las investigaciones en este campo, evaluar programas de intervención, específicamente en los análisis costo-beneficio (Ronald, 2015).

En el 2013 se establece la ley 1658 “Ley de mercurio”, la cual, *“busca reglamentar el uso, importación, producción, comercialización, manejo, transporte, almacenamiento, disposición final y liberación al ambiente del mercurio en las actividades industriales y en la minería”* (García, y otros, 2017). Esta ley establece diferentes mecanismos e incentivos para lograr su objetivo, se destacan los incentivos para la reducción gradual y eliminación

del uso del mercurio en el sector minero, y los incentivos para la formalización de la actividad minera (García, y otros, 2017). Con el propósito de ser un país libre de mercurio, el gobierno nacional realizó la ratificación de Colombia en el Convenio de Minamata sobre mercurio (Ministerio de medio ambiente, 2019). El tratado fomenta *“las acciones para reducir, controlar y eliminar el uso, suministro y comercio de esta sustancia”* (Ministerio de medio ambiente, 2019), se destaca el proceso gradual de eliminación y la no exposición a este elemento.

*“La ratificación del Convenio de Minamata obliga al país a fortalecer la ejecución de políticas públicas eficaces, enfocadas, especialmente, en la reducción y mitigación de los riesgos e impactos a la salud y el ambiente, derivados de la exposición y contaminación por mercurio”* (García, y otros, 2017, p. 30).

Teniendo en cuenta el objetivo central del Convenio Minamata, es importante destacar las herramientas que permitan fortalecer políticas eficaces en el proceso gradual de la eliminación del mercurio. En orden de reconocer el impacto en la salud de las personas asociadas a la exposición del mercurio en la minería de oro en Colombia, donde se presentan 1126 casos de intoxicación por mercurio en 18 departamentos entre 2013 y 2015 (García, y otros, 2017).

No obstante, derivado de estos casos de intoxicación por mercurio se ha realizado proyecciones que permiten estimar el costo en términos de productividad laboral asociados a los efectos en salud y en el coeficiente intelectual. Esta estimación realizada por el DNP planteó que la eliminación del empleo del mercurio evita costos cada año en la productividad laboral de \$931.000 millones de pesos (DNP, 2016). Esta valoración de las pérdidas de productividad laboral, resaltan los costos asociados a las intoxicaciones por mercurio que se han registrado. Es importante aclarar que estos son solo los casos agudos de intoxicación,

por lo cual, puede haber un subregistro en la información. De esta manera, los casos crónicos de intoxicación incrementarían los costos de la productividad laboral.

## **6. Resultados**

En la tabla 6, *número de mineros por departamento y años de vida con discapacidad (AVD, correspondientes a los años de vida ajustados por discapacidad [AVAD]), escenarios con intervalos de incertidumbre basados en los pesos de la discapacidad (PE)*, se presentan los resultados del cálculo para los tres años en los que se notificaron casos de intoxicación por mercurio. Es importante destacar que en el análisis se excluyeron para el año 2013, los departamentos de Guaviare, Nariño, y Santander. En el año 2014, se excluyó Nariño y Sucre. Por último, en el año 2015 se excluye Guaviare. Estos departamentos se omitieron en la tabla 6 de los resultados principales porque no se contaba registro del número de mineros en los departamentos mencionados anteriormente.

En el año 2013, en los departamentos de Antioquia y Cundinamarca se presentaron mayor número de casos prevalentes del 0.24% y 0.20% respectivamente. En el año 2014, en los departamentos de Antioquia, Bolívar y Córdoba el porcentaje de casos de intoxicados prevalentes fue de 1.30%, 1.64% y 16.64% respectivamente. El valor más alto se presentó en Bolívar con 165 casos reportados de intoxicación por mercurio. Por último, en el año 2015 se destacó Chocó con 214 casos intoxicados por mercurio, representando el 3.5% en el departamento. En este caso, se expone el valor de AVD máximo de 78,752 con intervalo de incertidumbre de (55,85-103,58).

**Tabla 6. Número de mineros por departamento y años de vida con discapacidad (AVD), correspondientes a los años de vida ajustados por discapacidad [AVAD], escenarios con intervalos de incertidumbre basados en los pesos de la discapacidad (PE).**

Año	Departamento	Número de mineros	Casos prevalentes	Porcentaje de prevalencia por departamento	AVD (Correspondiente a AVAD).
					Escenario (Intervalo de incertidumbre)
2013	Antioquia	19247	47	0,24%	17,296 (12,27-22,75)
	Atlántico	1143	1	0,09%	0,368 (0,26-0,48)
	Bolívar	10073	1	0,01%	0,368 (0,26-0,48)
	Caldas	1303	2	0,15%	0,736 (0,52-0,97)
	Cesar	2017	1	0,05%	0,368 (0,26-0,48)
	Choco	5981	2	0,03%	0,736 (0,52-0,97)
	Córdoba	1214	2	0,16%	0,736 (0,52-0,97)
	Cundinamarca	12813	26	0,20%	9,568 (6,79-12,58)
	Tolima	3144	1	0,03%	0,368 (0,26-0,48)
2014	Antioquia	19247	250	1,30%	92 (65,25-121,00)
	Bolívar	10073	165	1,64%	60,72 (43,07-79,86)
	Caldas	1303	1	0,08%	0,368 (0,26-0,48)
	Cauca	2055	5	0,24%	1,84 (1,31-2,42)
	Chocó	5981	2	0,03%	0,736 (0,52-0,97)
	Córdoba	1214	202	16,64%	74,336 (52,72-97,77)
	Cundinamarca	12813	9	0,07%	3,312 (2,35-4,36)
	Tolima	3144	1	0,03%	0,368 (0,26-0,48)
	Valle	1415	1	0,07%	0,368 (0,26-0,48)
2015	Antioquia	19247	15	0,08%	5,52 (3,92-7,26)
	Bolívar	10073	1	0,01%	0,368 (0,26-0,48)
	Boyacá	15120	1	0,01%	0,368 (0,26-0,48)
	Caldas	1303	2	0,15%	0,736 (0,52-0,97)
	Cauca	2055	1	0,05%	0,368 (0,26-0,48)
	Chocó	5981	214	3,58%	78,752 (55,85-103,58)
	Córdoba	1214	2	0,16%	0,736 (0,52-0,97)
	Cundinamarca	1214	17	1,40%	6,256 (4,44-8,23)
	Meta	590	1	0,17%	0,368 (0,26-0,48)
	Valle	1415	1	0,07%	0,368 (0,26-0,48)

Fuente: Elaboración propia.



## 7. Conclusiones

Esta estimación aproximada de la carga global de la enfermedad de la intoxicación aguda por mercurio en los departamentos de Colombia, se calculó el valor de los AVAD basados en el peso de la enfermedad. La exposición aguda al mercurio afecta negativamente la salud de las personas, algunos efectos asociados son lesiones en los pulmones, aumento en la presión sanguínea, irritación en los ojos (DNP, 2016). Los AVAD son una herramienta importante que apoya las acciones que puede tomar Colombia en el cumplimiento de los objetivos propuestos en el Convenio Minamata en Colombia.

Además, la estimación presentada en la tabla 6, *número de mineros por departamento y años de vida con discapacidad (AVD, correspondientes a los años de vida ajustados por discapacidad [AVAD]), escenarios con intervalos de incertidumbre basados en los pesos de la discapacidad (PE)*, resalta dos aspectos importantes. Existe un subregistro en los datos de casos prevalentes ya que no se registran los casos de intoxicación crónica por mercurio. Además, en el número de mineros por departamentos, se plantea que esta la minería de oro a pequeña escala se presenta en la informalidad. No obstante, se expone el gran reto que representa la intoxicación aguda por mercurio en la salud pública de Colombia. Se resalta la importancia de intervenciones o acciones técnicas y ambientales para disminuir esta carga en el medio ambiente y la salud humana. Este estudio fomenta el debate y la conciencia sobre esta problemática a nivel nacional.

## 8. Referencias

- Arnesen, T., & Nord, E. (2000). El valor de la vida AVAD: Problemas con la ética y la validez de los años de vida ajustados por discapacidad. *Revista Lepra*, 71(2), 123-127. <https://doi.org/10.5935/0305-7518.20000015>
- Barbier, E. B., Acreman, M., & Knowler, D. (1997). Valoración económica de los humedales. En *comunicaciones*. <https://doi.org/2940073252>
- Bishop, R. C., & III, A. M. F. (1996). La medición de los valores ambientales y de los recursos: Teoría y métodos. En *la Economía de la Tierra*(Vol. 72). <https://doi.org/10.2307/3146972>
- Cragle, D. L., Hollis, D. R., Qualters, J. R., Tankersley, W. G., & Fry, S. A. (1984). Un estudio de mortalidad de hombres expuestos al mercurio elemental. *Revista de medicina de trabajo: Publicación oficial de la Asociación Médica Industrial* 26(11), 817-821.
- DNP, D. N. (23 de Septiembre de 2016). *Portal Web DNP*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/Paginas/%E2%80%9CTambi%C3%A9n-tenemos-que-hacer-la-paz-con-la-naturaleza-porque-el-mercurio-sigue-causando-estragos%E2%80%9D-Sim%C3%B3n-Gaviria-Mu%C3%B1oz.aspx>
- Dubourg, R. (2018). Evaluaciones económicas de los beneficios de la regulación del mercurio: Una Revisión. Documentos de trabajo de la OCDE sobre el medio ambiente, (132), 0\_1,3-5,10-68. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/77045f1a-en>
- García, C., Rodríguez, P., Pinto, E., Peña, J., Cabrera, M., Arciniegas, L., . . . Escolar, A. (2017). *El convenio de Minamata. Así actúa Colombia frente al mercurio*. Cali, Colombia: WWF-Colombia.
- Gasca Álvarez, A. del P. (2000). Exposición ambiental al mercurio en la minería de oro: Evaluación del impacto en la salud en Guainía, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 2

(3), 233–250. <https://doi.org/10.1007/s00220-007-0361-9>

Grueso, H. (2019). La minería de oro y la contaminación por mercurio en Colombia: Recomendaciones de política para reducir la disyuntiva entre crecimiento económico y sostenibilidad. *Perspectivas de política*, (Abril), 51–64.

<https://doi.org/10.4079/pp.v26i0.19295>

Hagen, D. A., Vincent, J. W., & Welle, P. G. (1999). Beneficios económicos de la reducción de la deposición de mercurio en Minnesota. *Obtenido de*

<https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/mercury-economicbenefits.pdf>

Hindricks, J., & Myles, G. (2011). *Externalidades e Ineficiencia*.

Lennett, D., & Gutiérrez, R. (2014). *Convenio de Minamata sobre el mercurio: Manual de ratificación y aplicación*. 76. Obtenido de

<http://www.nrdc.org/international/files/minamata-convention-on-mercury-manual-SP.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). *Plomo y mercurio en Colombia : Un reto para la salud pública*.

Ministerio de Minas y Energía . (2010-2011). *Censo minero departamental*.

Monje Álvarez, C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa.

Guía didáctica. *Universidad Surcolombiana*, 1–216. Retrieved from

<http://carmonje.wikispaces.com/file/view/Monje+Carlos+Arturo+-+Guía+didáctica+Metodología+de+la+investigación.pdf>

OMS. (2017). *La minería aurífera artesanal o de pequeña escala y la salud*. Obtenido de

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259452/9789243510279-spa.pdf;jsessionid=0AB738C7E5DFF6AA574032B5D357AE80?sequence=1>

Ronald, E.-M. (2015). Carga Global de la Enfermedad: breve revisión de los aspectos más

- importantes. *Rev Hisp Cienc Salud*, 1(2), 107–116. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/411148>
- Salud, I. nacional de. (2016). Evaluación de riesgo de mercurio en peces de aguas continentales en Colombia. En *Ministerio de Salud y Protección Social y el Instituto Nacional de Salud*.
- Seuc, A. H., & Domínguez, E. (2002). Introducción al cálculo de esperanza de vida ajustada por discapacidad. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 40(2), 95–102.
- Steckling, N., Bose-O'Reilly, S., Pinheiro, P., Plass, D., Shoko, D., Drasch, G., ... Hornberg, C. (2014). La carga de la intoxicación crónica por mercurio en la minería artesanal de oro en pequeña escala en Zimbabwe: Disponibilidad de datos y estimaciones preliminares. *Salud ambiental: Una fuente científica de acceso mundial*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/1476-069X-13-111>
- Steckling, N., Devleeschauwer, B., Winkelkemper, J., Fischer, F., Ericson, B., Krämer, A., ... Bose-O'Reilly, S. (2017). Pesos de invalidez por intoxicación crónica con mercurio resultante de las actividades de la minería de oro: Resultados de una encuesta de comparación de pares en línea. *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph14010057>
- Steckling, N., Tobollik, M., Plass, D., Hornberg, C., Ericson, B., Fuller, R., & Bose-O'Reilly, S. (2017). Carga global de enfermedad del mercurio utilizado en la minería artesanal de oro en pequeña escala. *Anales de la salud mundial*, 83(2), 234–247. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2016.12.005>
- Trasande, L., Landrigan, P. J., & Schechter, C. (2005). Consecuencias económicas y de salud pública de la toxicidad del metilmercurio en el cerebro en desarrollo.

Perspectivas de salud ambiental, *113*(5), 590–596. <https://doi.org/10.1289/ehp.7743>

UNEP DTIE Rama Química, & WHO Departamento de seguridad alimentaria, Z. and F. D. (2008). Guía para la identificación de poblaciones en riesgo por la exposición al mercurio. Exposición, (Agosto), 176. Obtenido de [https://wedocs.unep.org/.../IdentifyingPopnatRiskExposuretoMercury\\_2008Web.pdf?..](https://wedocs.unep.org/.../IdentifyingPopnatRiskExposuretoMercury_2008Web.pdf?..)