



Biomonitorio Ambiental y Ocupacional del mercurio

TALLER: Salud en la Implementación de la Convención de Minamata sobre el Mercurio / Minería Aurífera Artesanal y en Pequeña Escala



Volney M. Câmara - volney@iesc.ufrj.br



Mercurio en la Minería Aurífera Artesanal y los Criterios para Monitoreo de una Sustancia Química

Magnitud de la exposición, Disponibilidad de la información ambiental / salud, Especificidad del biomarcador, Enlace a las fuentes de contaminación industrial. Transporte Transplacentaria del contaminante y Vulnerabilidad de las personas expuestas.

Existencia de biomarcador validado, Potencial toxicológico, Existencia de valores de orientación de salud, Volumen de muestra manejable y Capacidades de análisis de laboratorio incluyendo los Costos

Fonte: Who. Biomonitoring-based indicators of exposure to chemical pollutants. 2012



BIOMONITOREO DEL MERCURIO EN LA AMAZONIA



**¿APENAS 1 MERCÚRIO EN AMAZONAS?
Mercurio metálico
y Metilmercurio (Bioacumulación y contaminación
de los peches)**



Mercurio Metálico / Minería Artesanal en Brasil

Expuestos para Biomonitorreo

Principalmente quemadores de oro en la minería, otros mineros, personas residentes cerca de la minería, trabajadores de las casas de compra de oro, personas que residen cerca de las casas de compra de oro



Metilmercurio

5

MUCHA preocupación en estos días en Amazonia...

Expuestos para Biomonitorreo

Población general puede se contaminar por el consumo de pescado, especialmente las personas que viven a lo largo de la margen (ribera) de los ríos y los indios.

IMPORTANTE: Beneficios del peche para la salud humana: Fuente de Selenio (efectos antagónicas a la toxicidad MeHg) , proteínas, vitamina D, ácidos grasos ω -3, los ácidos grasos poliinsaturados y otros micronutrientes



Poblaciones Prioritarias para Monitoreo

Personas Mayores,

Mujeres en periodo fértil

Niños

Niños: La exposición al mercurio en Amazonia 1) del feto a través de la placenta, 2) los niños por la ingesta de leche materna en la lactancia y 3) el consumo de pescado en la fase de crecimiento.



¿POR QUÉ LOS NIÑOS EN EL AMAZONAS? Mayor EXPOSICIÓN asociada con mayor posibilidad de ocurrencia de EFECTOS

- La exposición en los niños es mayor en comparación con los adultos: Superior superficie corporal, mayor frecuencia respiratoria y el aumento de la ingesta de líquidos y alimentos en relación con el peso corporal. **La exposición a través de la placenta**
- El metilmercurio: absorción mayor durante la **lactancia materna** (disminución después del comienzo de la ingesta de otros alimentos)
- También es **mayor la posibilidad de un efecto adverso para la salud**: sistemas y órganos de niños están todavía en fase de desarrollo: barrera sangre-cerebro (hemato-encefálica), ap. respiratorio, renales y sistemas inmunes, capacidad enzimática de desintoxicación de productos químicos (ATSDR, 1999).
- ETC, ETC. ETC



Fases de la Toxicología del Mercurio

FASE DE EXPOSICIÓN / MONITOREO AMBIENTAL **ÉS EL MEJOR MONITOREO!!!!!!**

Monitoreo Ambiental

Metálico: Aire, etc
Metilmercurio: Peches

PARÁMETROS DE LA EXPOSICIÓN: Rutas ambientales, la magnitud, la frecuencia, la duración.

PARÁMETROS DE LA POBLACIÓN: La información demográfica, distribución espacial, patrones de actividad y patrones de consumo (importante los peches)

CUIDADO: Coleta (recogida), almacenamiento (conservación) y análisis de muestras ambientales y biológicas.



PRINCIPALES TIPOS DE MONITOREO BIOLÓGICO DE MERCURIO PARA LA AMAZONIA

Indicadores Biológicos de Dosis Interna

- **Actividad Sistemática**
- Los indicadores biológicos de dosis interna son sustancias y / o sus productos de biotransformación en fluidos (sangre), los excrementos (orina, heces), tejidos, otros (aire exhalado, pelo).

Indicadores Biológicos de Efectos

Indicadores Biológicos de Susceptibilidad

Indicadores de Efectos Precoces



Fases de la Toxicología del Mercurio importantes para Monitoreo

FASE DE LA TOXICOCINÉTICA

- **Absorción:** Inhalatoria para el Mercurio metálico (tener en cuenta que los pulmones tienen 100m^2 de alveolos y casi 2.000 km de vasos sanguíneos). Digestiva para el Metilmercurio
- **Distribución:** Través de la sangre
- **Deposito en el organismo:** General
- **Eliminación:** Orina (principalmente la forma metálica), material fecal, pelos, uñas..

<p>Monitoreo Biológico Metálico: ORINA, ¿sangre?, etc Metilmercurio: CABELLO, ¿sangre?, etc</p>

- **Cuidados con la Vida Media del Mercurio:** Metálico cerca de 60 días y metilmercurio cerca de 120 días (100 hasta 190 días)



Fase de los Efectos/Clínica

Actualmente, el conocimiento científico indica que el efecto principal de mercurio en el cuerpo humano se produce en el **sistema nervioso**, incluyendo, entre otros, el daño cerebral en los lóbulos occipitales, temporales y la "sustancia negra" (Pacheco-Ferreira, 1994; ATSDR, 1999).

Vapor de Mercurio: Temblor, gingivitis, bronquitis y neumonitis corrosiva. En el Sistema Nervioso Central (excitabilidad, visión de túnel). En la exposición crónica: Depresión, pérdida de peso, debilidad muscular, cambios de comportamiento ("sombrero loco"), pérdida memoria y delirio; disfunción y crecimiento de la tiroides (Boischio, 2015).

Metilmercurio: Entumecimiento extremidades, alteración marcha, desarticulación habla, discapacidad audición; constricción de los campos visuales; dificultad concentración mental, pérdida audición, efectos sobre el sistema inmunológico, disfunciones renales y otros. Prenatal: (Parálisis cerebral, microcefalia, hiperreflexia, deficiencias en motricidad, inteligencia, visión y audición. (Boischio, 2015).





Informaciones para el Biomonitorio: Partes del cuerpo humano según los períodos que son más sensibles a los cambios del desarrollo fetal

Partes del cuerpo humano

Semanas de desenvolvimiento fetal

Sistema nervioso central

3^a. - 5^a.

Corazón

3^a. - 6^a.

Brazos e piernas

4^a. - 7^a.

Ojos

4^a. - 8^a.

Dientes

6^a. - 7^a.

Paladar

6^a. - 12^a.

Genitales externa

7^a. - 12^a.

Oído

4^a. - 12^a.

EXEMPLOS DE INDICADORES DE EFECTOS PRECOCES

Procesamiento auditivo central (CAP) es una serie de procesos que intervienen en la detección e interpretación de eventos de sonido, y tiene asociado un conjunto de habilidades auditivas específicas, incluyendo la atención, la memoria, el sonido de detección, figura-fondo, y la ubicación, entre otros (ASHA, 2005).

Niveles relativamente bajas exposiciones prenatales – efectos aún sub-clínicos todavía relevantes Retrasos / deterioro desarrollo neuro comportamental - desarrollo cognitivo, lenguaje, motora, conducta adaptativa, y dominios socio-emocionales.

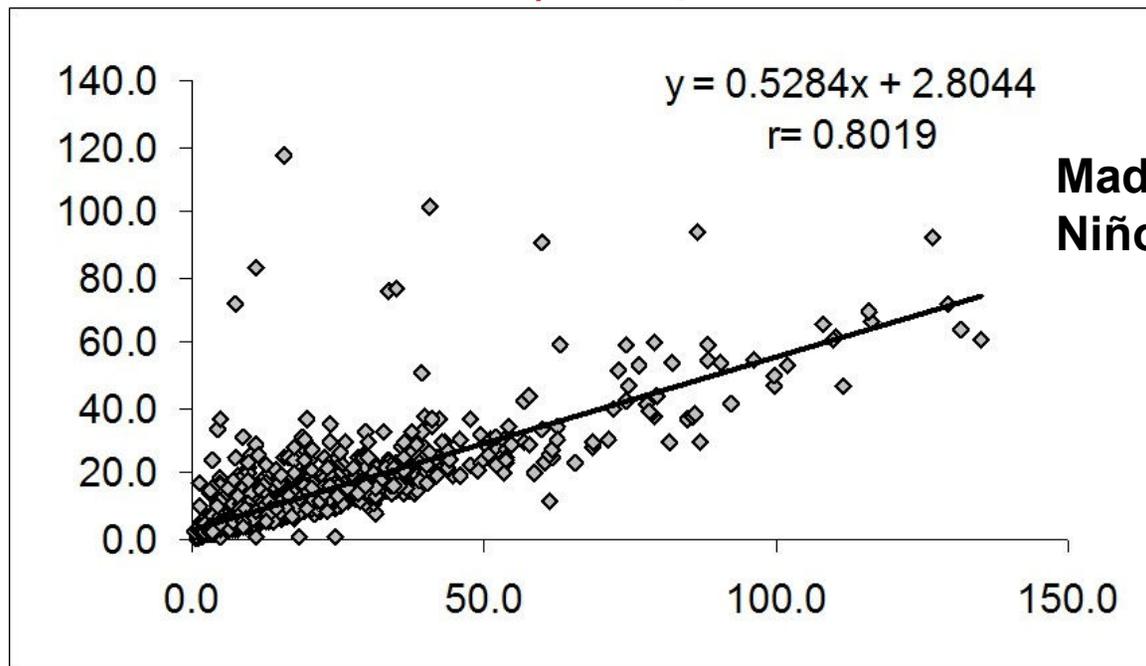
INDICADORES DE SUSCEPTIBILIDAD

Diferencias (variabilidades) biológicas: diferentes personas tienen diferentes capacidades para responder a la exposición a agentes tóxicos. ¿Debido a que algunas personas se enferman y otras no?

•Ex.: Alimentación (¿ comer nueces?), Aspectos Culturales, Genética.



Biomonitoreo de los niveles de mercurio en sangre de madres (1.510) y de la sangre del cordón umbilical de los recién nacidos (1.510) de la Cuenca del Tapajós, Itaituba, Pará Brasil, 2000/2001



Madres 11,52µg/L
Niños 16,68µg/L

SANTOS, E. C. O; JESUS, I. M.; CÂMARA, V. M. et al. 2007.

Seguimiento:

Dutra, Câmara, Jesus, et al et al, 2012: 2000 2004, 2006 y 2010
(95 niños)
Dificultades...



Ejemplos de Valores de Referencia (OPS, 2011)

15

Limites Biológicos		
Sangue	5 – 10 µg/L (mercúrio total)	WHO, 2008 ¹
Urina	50 µg/g creatinina (mercúrio total)	WHO, 2008 ¹
Cabelo	7 µg/g**	WHO, 2008 ¹

Artigo Original

Contribuição para o estabelecimento de níveis de referência para a concentração de mercúrio no sangue de crianças na cidade do Rio de Janeiro

A Contribution for the establishment of reference values for total mercury levels in blood of children from Rio de Janeiro

Olga Leticia Penido Xavier¹, Carmen Ildes R. Fróes Asmus², Anamaria Testa Tambellini³, Armando Meyer⁴, Volney de Magalhães Câmara⁵

Tabela 4. Média geométrica e intervalo de confiança da concentração de mercúrio total (µg/L) nos escolares participantes do estudo e outros estudos internacionais selecionados

Estudo, Ano, País	Média de mercúrio total (µg/L)	IC95%	Referências
Presente estudo, 2009, Brasil	0,51	–	–
Czech Republic, 2001–2003	0,43	1,19–2,02	Batáriová et al. ¹⁸
GerES, 2003–2006, Alemanha	1,0	0,6–1,0	Wilhelm, Schulz e Schwenk ¹⁶
NHANES, 2003–2006, Estados Unidos	0,44	0,36–0,48	Caldwell et al. ¹⁵
CHMS, 2007–2008, Canadá	0,31	0,23–0,43	Wong e Lye ¹⁷

MONITOREO Y INVESTIGACIONES

Investigación y Monitoreo

- Epidemiología,
- Estudios de Ecotoxicología,
- Ciencias Sociales,
- Etnografía,
- Evaluación de riesgos (ATSDR, EPA, Estudios Analíticos, etc)
- Redes Sociales,
- etc..

Importante: No necesariamente una metodología única

Estrategias para abordaje

- Estudios multidisciplinarios
- Participación de otros sectores además de salud
- Participación de Organizaciones Sociales (Sindicatos, Organización de moradores, Iglesias, y de Grupos Poblacionales); Población residentes, Profesores, estudiantes, etc).



Caso 1: Estudios sobre mercurio multidisciplinares y con la participación de grupos sociales



Proyecto:

Principal objetivo: Producción de tractor agrícola para Plantación de Cana-de azúcar (cañaveral) Fecha: 1978 -1980

Tipos de mercurio usados como Fungicidas:

- **ACETATO DE FENIL MERCURIO (ARIL MERCURIAL)**
- **CLORETO METOXI-ETIL-MERCURIO (ALCOXI ALQUIL MERCURIAL)**
- **HIDROXIDO ETOXI-ÉTIL-MERCURIO (ALCOXI ALQUIL MERCURIAL)**

MÁS VENDIDO EN BRASIL: Fungicida mercurial utilizado en casi todas las culturas: soya, trigo, tomate, batata, frijoles, etc, etc,

Instrumentos de la pesquisa: Ficha Clínica y Medida de Mercurio en Sangre, Orina, solos, hojas de cana, tallos de cana, caldo de la cana y azúcar.



Continuación caso 1

20

Proyecto: Producción de tractor agrícola para Plantación de Cana-de azúcar (1978 -1980)

Secuencia de hechos:

- Muestreo de las Haciendas (pequeñas, medianas y grandes)
- Entrevistas
- **TRABAJADORES INDICARON FUNGICIDA MERCURIAL COMO EL PRINCIPAL PROBLEMA (“MEDICINA HOJA”)**
- Agregación de nuevo objetivo de la investigación (exposición y efectos del fungicida mercurial)
- Contribución del Sindicato de Trabajadores Rurales
- Elevados niveles de mercurio en los trabajadores, planta de cana y ambiente
- Entrega de los resultados (Universidad) a el Sindicato de Trabajadores Rurales
- Difusión de los resultados por el sindicato en los medios de comunicación (TV, jornales, etc)
- Gobierno contra prohibición (exportación de azúcar y producción de alcohol)
- Petición de todas las secciones de los Sindicatos Rurales (todos los Estados brasileños) solicitando la prohibición del uso de mercurio en agricultura en el Conferencia Brasileña de Trabajadores de Agricultura.
- **BANIMENTO EN 1980 DE TODOS LOS USOS DE MERCURIO EN AGRICULTURA A PARTIR DE 1982**



Caso 2: Estudios con la participación de grupos sociales

Project: MERCURY EXPOSURE AND HEALTH EFFECTS AMONG URBAN RESIDENTS DUE TO GOLD COMERCIALIZATION IN POCONÉ - MT, BRAZIL

La evaluación clínica y la exposición en interiores a los residentes (n=365) de mercurio metálico **no expuestos ocupacionalmente (Salud Ambiental)**

- Grupo Expuestos: los residentes del centro de la ciudad de Poconé a 400 m de los comercios de oro
- Grupo de Control 1: Residentes de la periferia
- Grupo control 2: Los residentes rurales de Poconé



Expuestos Controle 1 Periferia Controle 2 Rurales

URINE ($\mu\text{g/L}$)			
NUMBER	158	117	41
MEAN	4.35	4.89	1.25
VARIANCE	121.7	129.3	0.09
RANGE	1.2 - 102.4	1.2 - 86.0	1.2 - 3.2
HOME DUST (ppm)			
NUMBER	49	18	21
MEAN	1.9	63.3	0.2
VARIANCE	17.8	2742.9	0.01
RANGE	0.04 - 21.2	0.03 - 151.5	0.07 - 0.5
SOIL (ppm)			
NUMBER	47	18	21
MEAN	0.1	3.1	0.2
VARIANCE	0.01	13.0	0.05
RANGE	0.02 - 0.4	0.04 - 9.8	0.01 - 0.4

Source: Câmara *et al*, 1997
Probability test (Kruskal-Wallis): Urine - (23.0 - $p < 0.000$);

Periferia: 4 familias con elevadas concentraciones de mercurio en Ambiente y orina

Quema de oro en la cocina de las casas

ACTIVIDAD DE EDUCACIÓN PARA LA SALUD

Escuelas, Profesores y los Niños y Adolescentes Estudiantes

- Responder el cuestionario sobre Salud Ambiental y Ocupacional; Introducción del equipo de investigación y la metodología; Exposición de diapositivas y discusión de la relación entre el trabajo, el medio ambiente y la salud.
- Se invita a los niños y adolescentes a discutir acerca de los efectos sobre la salud relacionados con el ambiente y la ocupación
- La planificación de los hijos de las estrategias en las que se dirigiría a los problemas relacionados con el medio ambiente, el trabajo y la salud
- Realización de las actividades propuestas de la etapa anterior
- La evaluación cualitativa final de los niños y adolescentes acerca de lo que se refiere a la relación entre la salud y el trabajo; Responder el mismo cuestionario de la primera etapa



A Program for the Control of Indoor Pollution by Metallic Mercury¹

Volney de M. Câmara,* Lydia Maria B. Tavares,† Maria Izabel de F. Filhote,* Olaf Malm,* and Mauricio de A. Perez*

*NESC, CCS, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Brigadeiro Trompowsky S.N., Rio de Janeiro, 21941-570, Rio de Janeiro, Brazil; and †SESMT—Para, 78000-000 Cuiabá, Mato Grosso, Brazil

Received July 1, 1999

The objective of this study was to develop an educational program for preventing metallic mercury emissions due to the burning of mercury-gold amalgams inside houses. The main participants were adolescents from a school in the city of Poconé, State of Mato Grosso. The program was developed in five stages, including discussions of the methods and exhibition of slides showing people working in activities including the *garimpos*, planning activities as dramatizations, making posters and preparing a screenplay for the production of a video, discussing how to prevent indoor burning of gold-mercury amalgams, and a final evaluation of the adolescents about what they had learned during the program. The evaluation of the impact was done through a comparison of correct answers from

health risks and to discuss the prevention of mercury emissions caused by indoor burning of mercury-gold amalgams.

A previous study was conducted with 385 inhabitants of this city, mainly women and children (workers were excluded) exposed to mercury emissions from gold shops. Mercury levels measured in urine samples of residents from an area named COHAB (*n* = 125) had a mean value of 4.89 µg/L, and 13 individuals from four families had mercury urine levels higher than 10 µg/L (up to 86.0 µg/L). These four houses also showed higher mercury levels in dust (up to 80.66 ppm) and soil (up to 9.8 ppm) than another area used as control (dust = 0.25

Rev Saúde Pública 2009;43(2)

Volney de Magalhães Câmara¹
 Delma P Oliveira de Souza^{II}
 Maria Izabel Freitas Filhote¹
 Ronir Raggio Luiz¹
 Camila Oliveira de Souza^{III}
 Armando Meyer¹

Reliability of a questionnaire about knowledge concerning exposure to mercury in the production of gold

ABSTRACT

The primary economic activity of the municipality of Poconé, Central-West Brazil, is the production of gold. In an attempt to reduce exposure to metallic mercury, schools in that location conduct educative programs directed towards their students. A questionnaire used to evaluate the efficacy of these programs with respect to adolescents' comprehension concerning exposure to mercury was developed in 2007. This questionnaire is self-applied and has 12 questions. A test-retest reliability study, with a 21-day interval between the two sessions, was performed with this instrument. The sample was comprised of 128 students who were in the 8th grade of elementary school. Reliability was evaluated by Kappa coefficient and McNemar's chi-square test, resulting from "moderate" to "almost perfect" agreement.

Continuación Caso 2

Los niños y adolescentes de Poconé decidieron crear un teatro llamado "La salud es preciosa como el oro" en el que una mujer "egocéntrica" llamada Teresa exige de su esposo una gran cantidad de oro para hacerse rico. Como quemaron el oro dentro de la casa, ella se quedó intoxicada por el mercurio. Al final, ella decidió dejar de trabajar con el oro.

•Teatro presentado en casi todas las escuela (diez).

Biomonitoreo (niveles promedio de mercurio en la orina)

1998 = 2,30 (micrograma/L)

1999 = 1,49 (micrograma/L)

2008 = menos de 0,2 (micrograma/L)





GRACIAS!

