



Evaluación de los estudios de la contaminación ambiental y humana com mercurio en la Amazonia y perspectivas

Olaf Malm

*Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca, Instituto de
Biofísica Carlos Chagas Filho, CCS, UFRJ, 21.949-900, Rio de Janeiro,
Brasil*

Introducción

La minería aurífera es una actividad económica, que a lo largo del tiempo va cambiando de intensidad y de localización.

La prospección artesanal del oro emplea procedimientos rudimentales para extraerlo de las minas primarias y secundarias.

Usualmente, los depósitos secundarios o de partículas muy delgadas necesitan del metal **Hg** para un buen recobro del **Au**.

Fenicios y Cartageneros (**2.700 A.C.**), que comercializaban Hg de las minas de Almadén, España, ya conocían el proceso de **amalgamación**.

Caius Plinius, en su *Historia Natural*, (**50 D.C.**) ya ha descrito la técnica de minería de oro y plata, en que empleaba un proceso de amalgamación muy semejante a lo que es usado actualmente.

Nuevos sitios de minería aurífera siempre están ocurriendo en muchos países tropicales de **América del Sur**, así como también, en **Asia** y **África** (Lacerda e Salomons, 1997). Esta acción se pasó en muchos países de América del Sur (**Brasil, Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador, Peru, Guyana y Guayana Francesa**) a lo largo de la década de 1980.

Esto fue consecuencia de un **aumento**, de **8 a 10 veces**, en los **precios del oro a lo largo de 1970** y también, está fuertemente asociado con las **dificultades sociales y económicas** de esta década. La técnica de minería de oro, en que se emplea el proceso de amalgamación, es gran responsable por la producción de oro.

Durante siglos los colonizadores españoles han empleado, en las Américas (México, Peru y Bolivia), el mercurio para la recuperación de los metales oro y plata. Se estima, que fueron lanzados en el medio ambiente, por los colonizadores españoles en las Américas, aproximadamente 200 mil toneladas de Hg, desde la mitad del siglo XVI (1550) hasta la mitad del siglo XIX (1880). En este período, se estima que fueron lanzados aproximadamente 400 toneladas de Hg en Brasil colonia, principalmente en las regiones central y sudeste.

Durante la década de 1980, Brasil se clasificó como el primer país productor de oro de Sudamérica, con una producción anual de aproximadamente 100 a 200 toneladas, en los últimos 20 años (entre 70% y 90% del oro vinieron de la prospección artesanal o *garimpo*). En seguimiento a Brasil estuvieron los países Colombia, Venezuela, Peru y Bolivia. Aproximadamente de 2 a 3 mil toneladas de Hg fueron lanzados en el medio ambiente de la Amazonia Brasileña en los últimos 20 años.

Se estima, que en el período de la colonización Latinoamericana fueron lanzados aproximadamente 600 toneladas de Hg por año durante más de 300 años.

En Brasil reciente, se lanzaron en media 150 toneladas de Hg por año solamente en los últimos 20 años. Esta información es interesante, no sólo por su magnitud, pero también por la nueva situación ambiental.

Durante el período de la colonización, se extraía el oro y la plata de las minas primarias y el Hg era lanzado en los suelos circundantes. Hoy se puede encontrarlo cerca de las minas antiguas. La minería de oro reciente, en la Amazonia Brasileña, ocurre en minas secundarias (reservas de oro aluvial o coluvial), en suelos o sedimentos de río. El mercurio metálico, Hg⁰, es lanzado directamente en el sistema acuático y en la atmósfera.

Se calenta o se quema la amalgama Au – Hg para recobrase el oro extraído. Gran cantidad de Hg⁰ es lanzado en la atmósfera y entonces ocurre la exposición y la contaminación humana (intoxicación humana ocupacional).

Hay aproximadamente de 200.000 a 400.000 mineros en la Amazonia Brasileña. Se estima de 100.000 a 200.000 mineros en cada un de los

siguientes países, Colombia y Ecuador. En toda Latinoamérica hay aproximadamente de 543.000 a 1.039.000 mineros (Veiga, 1995). En Brasil, durante el cumbre de la minería de oro, había más o menos 1.600.000 mineros (Pfeiffer y Lacerda 1988).

Es importante que se note, que en minerías de oro recientes, en la región sur, se emplea procesos mecánicos. En esto, las perdidas de Hg para el medio ambiente son proporcionalmente mayores si comparados a los procesos más rudimentales, con amalgamación.

En 1988 Brasil fue el segundo productor mundial de oro (283 toneladas). En primer fue África del Sur (621 toneladas) y Los Estados Unidos de América en tercero (205 toneladas). A seguir, vinieron Australia (152 tons) y Canada con 116 toneladas.

En el sistema acuático el Hg es convertido en metilmercurio (MeHg), que entonces alcanza la cadena trófica acuática, contaminándola, y por fin el hombre. Esta transformación, hasta poco tiempo, no era estudiada en América del Sur.

En la mitad de la década de 1980, se comenzó las investigaciones sobre la historia de la minería de oro en las Cuencas del Rio Amazonas. Estos se siguieron con los estudios de las contaminaciones ambientales y humanas.

Las principales muestras, que se estudia, son los sedimentos, los suelos, el aire, los pescados, el cabello humano y el sangre. Las principales cuencas estudiadas son de los rios Madeira, Negro y Tapajós. También se estudia algunos reservorios artificiales y algunas áreas centrales de Brasil.

Es necesario más investigaciones por los demás países Latinoamericanos. Generalmente, estes países se asocian a grupos extranjeros para empezar tales investigaciones.

Experiencia Brasileña:

País	Período	Parcero Brasileiro
Suécia	1991	UFRJ,
Estados Unidos	1991;1997	Dr. Branches,
Finlandia	1992	Eletronorte, UFRJ
Inglaterra	1992; 1994/97	UFPa, UFRJ and FE
Japan	after 1992	UFRJ, DNPM
Alemanha	1994	CETEM, UFRJ
Dinamarca	1994/97	UFPa, EU-UFRJ, ,
Canada	1994	UFPa, UFRJ, CETEM

Laboratorios

Resultados

Aire, Urina, Suelos, Sedimentos acuáticos, Peces, Cabellos humanos.

Los grupamientos humanos más expuestos son:

- Para **Hg metálico** Comerciantes de oro
- Para **metilmercurio** Poblaciones ribereñas

Aire

Quema de la amalgama

Atmósfera

- **Garimpos** Valores altísimos pero de corta duración
- **Comercio** Valores cerca o superiores a los límites de OMS

Urina

Hg metálico inhalado presenta elevada absorción pulmonar

Oxidado Riñones Urina (mejor indicador)

Valores más altos

Comerciantes de oro

Ambientes con poca renovación del aire o con aire-acondicionado

Sensibilidad y susceptibilidad

Síntomas típicos observados son: somnolencia, dolor de cabeza, temblores, insomnio.

Suelos

Transporte físico y deposición

Depositos y fuentes

Deposición restringida a un círculo de diámetro de aprox. 1500m.

Altos valores observados en suelos de Amazônia (Roulet et al. 1995)

Sedimentos acuáticos

Hg metálico Estable en ambientes reductores a ligeramente oxidantes. Si cubiertos con sedimentos pueden permanecer por periodos muy largos

Procesos físicos y gravimétricos responsables por el destino y posible oxidación.

Amalgamas colectadas en 1991 pesaban 56 y 137 mg y el contenido de **Hg** era de 53% y 65%; Porcentajes de Oro eran de 9% y 17%.

Cd 0,3 % 10.000 veces el Background local

Cu 888ppm 20 veces Bg

Rio Madeira

Mayor parte de las muestras con valores de Bg 50 ng.g⁻¹ (ppb)

En la mayoría de las muestras era **Hg metálico**.

Pescados

Son la principal fuente de **MeHg** para los humanos

Peces Piscívoros y carnívoros. Onívoros, detritívoros y herbívoros

Necesitan ser monitorados como indicadores de contaminación ambiental y para poder estimar riesgo

- Áreas control (Limpias) Valores abajo de 0,2 mg.kg⁻¹ (ppm)
- Áreas contaminadas Valores de 2 a 6 mg.kg⁻¹ (ppm)

Legislación Brasileña: 0,5 mg.kg-1 (ppm)

Concentración de Hg versus peso del pescado

Amazonia: Más de 2000 especies. 200 especies comerciales por cuenca hidrográfica

Elevada variabilidad de Hg en misma especie colectada en el mismo local y data.

Biodiversidad

Variabilidad sazonal en las actividades pesqueras.

Cabello humano

Es el mejor indicador de la exposición al MeHg.

Alta variabilidad fue observada aún en la misma familia.

Altos porcentajes de MeHg en ribereños.

Evaluación de riesgo basado en las tasas de ingestión de pescados debe ser evaluada también por análisis de cabello humano en poblaciones ribereñas.

Cambio en los hábitos alimentarios es algo que debe ser considerado con extremo cuidado.

Una evaluación clínica y epidemiológica bien realizadas deben soportar cualquier decisión en este respecto.

Nuevas áreas de investigación:

Biomonitores atmosféricos de Hg.

Mapeamiento de áreas de garimpo aisladas en la floresta y de centros urbanos (incluso indoor). Malm et al, 1998.

Investigaciones sobre metilación.

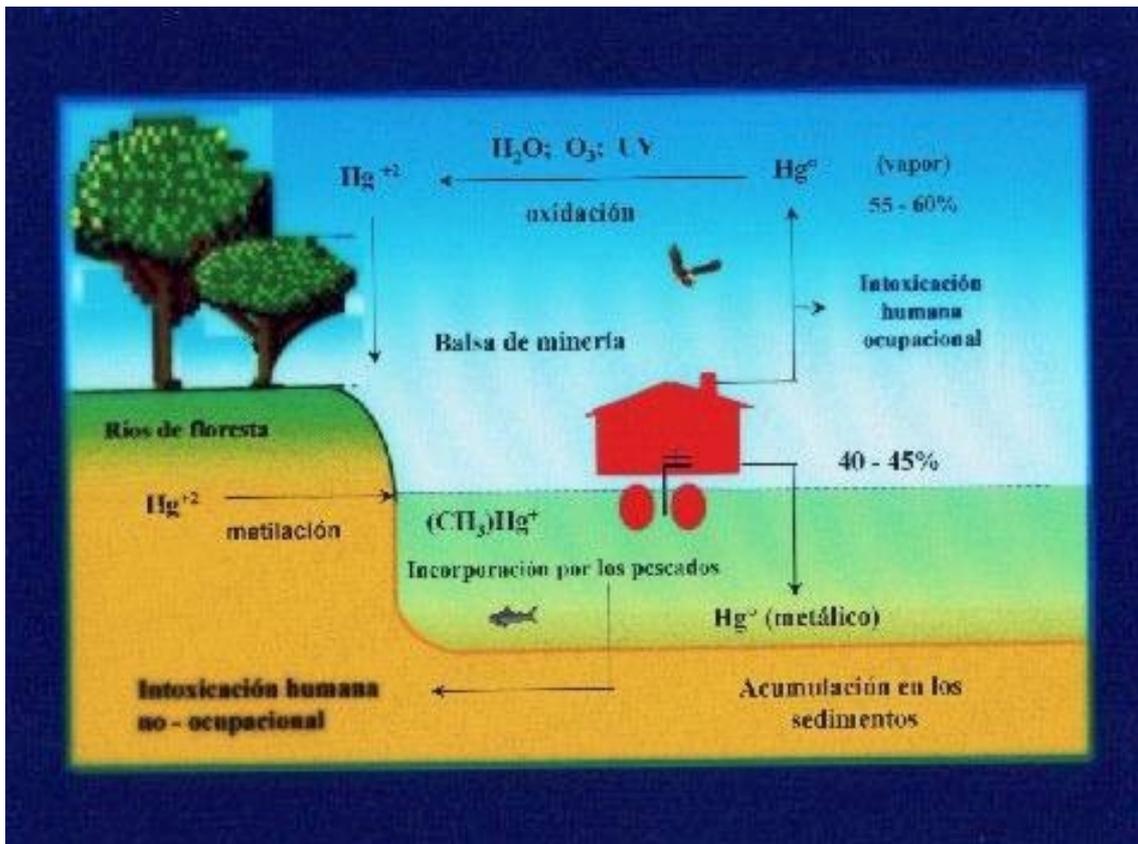
Proceso todavía poco comprendido. Investigado en sedimentos y en raíces de macrofitas acuáticas. Experimentos de campo de variación

espacial y sazonal, y de laboratorio sobre parámetros específicos como temperatura, actividad y naturaleza de la actividad bacteriana, pH, Eh, conductividad. (Guimarães et al. 1997).

Conclusiones

- Emisiones recientes de Hg son más importantes debido a nueva situación ambiental do que deudo a sua magnitud de los lanzamientos. Tapajós X Madeira X Negro
- Niveles de Hg en los pescados no se correlacionan bien con sus pesos
- Se observó la sazonalidad en pescados y en pelos humanos.
- Efectos neurológicos deudo a otros factores
- Responsabilidad:

Decisiones Políticas X Proyectos, Recursos ou Proyección.



CONCENTRACION DE MERCURIO (ug.m-3) EN EL AIRE EN ZONAS URBANAS, RURALES O EXPOSICIONES OCUPACIONALES				
ORIGEN/SITUACION	PROMEDIO	N	RANGO	REFERENCIA
SUR-OESTE DE AMAZONIA				
URBANAS, ALEJADOS DE AREAS DE REQUEMADO	--	7	<0.02 - <0.66	Malm et al., 1991
URBANAS, PROXIMAS AL AREA DE REQUEMADO	2.8	8	0.45-7.50	
EXPOSICION OCUPACIONAL DURANTE EL REQUEMADO EN EL SITIO DE VENTA		7	17.50-107.20	
EXPOSICION OCUPACIONAL DURANTE EL QUEMADO EN EL CAMPO				
CON VARIAS RETORTAS		6	<10.24-296	
EXPOSICION OCUPACIONAL DURANTE EL QUEMADO EN EL CAMPO				
SIN RETORTAS	15499	6	<42.29-59600	
AIRE CERCANO A CASCADAS DE AGUA	--	3	<0.14-0.50	
CIUDAD DE POCONO (AREA URBANA)-BRASIL CENTRAL				
URBANAS, PROXIMO A AREAS DE REQUEMADO	--	10	<0.14-1.86	Marins et al. , 1991 Tumpling et al., 1995
SOBRE LOS DEPOSITOS DE RESIDUOS DE MINERIA				
CIUDAD DE ALTA FLORESTA AMAZONAS SUR				
EXPOSICION OCUPACIONAL DURANTE EL REQUEMADO EN EL SITIO DE VENTA		86	0.07-40.60	Hacon et al., 1995
URBANAS LEJANAS A LA ZONA DE REQUEMADO		152	0.01-5.79	

ESTIMACION DE CANTIDAD DE MERCURIO INCORPORADO AL MEDIO AMBIENTE DEBIDO A LA EXPLOTACION DE ORO Y PLATA			
	PERIODO	INGRESO TOTAL (TONELADAS)	INGRESO ANUAL (TON. ANUALES)
AMERICA COLONIAL ESPAÑOLA	1554-1880	196000	600
AMERICA DEL NORTE	1840-1900	60000	1000
BRASIL COLONIAL	1800-1880	400	5
AMAZONIA BRASIL	1979-1994	2300	150
VENEZUELA	1988-1997	360	40
COLOMBIA	1987-1997	240	30
BOLIVIA (DEP. DE PANDO)	1979-1997	300	20
FILIPINAS	1985-1997	200	26
TANZANIA	1995-1997	24	6
CHINA	1992-1997	480	120

CONCENTRACIONES DE MERCURIO EN PECES CARNIVOROS EN LA ZONA DEL AMAZONAS					
ORIGEN	N° DE ESPECIES	N° DE MUESTRA	PROMEDIO(mg g)	RANGO	REFERENCIA
RIO MADEIRA	50	370	850	165-3920	Malm et al., 1997
RIO MADEIRA	22	154	665	60-3960	Gali.1997
RIO MADEIRA	--	251	638	11-5000	Barbosa et al., 1997
RIO TAPAJOS	23	118	498	25-5960	Malm et al., 1997
RIO TAPAJOS	12	212	499	46-2200	Uruyu, 1997
RIO TAPAJOS	19	73	511	132-1354	Lebel et al., 1997
RIO TAPAJOS	9	85	723	120-3580	Hacon,1996
RIO NEGRO	18	113	780	226-4231	Malm et al., 1995
RESERVORIO DE TUCURUI	8	121	1300	200-5900	Porvari et al., 1995
RESERVORIO DE BALBINA	6	27	371	49-1103	Malm et al., 1996b

NOTA: N total = 1524

CONCENTRACIONES DE MERCURIO TOTAL EN CABELLO EN LA ZONA DEL AMAZONAS				
ORIGEN	N° DE MUESTRA	PROMEDIO (mg/g)	RANGO	REFERENCIA
RIO MADEIRA	169	8.98	0.22-71	MALM et al., 1996b
RIO MADEIRA	242	17.2	-303	Barbosa et al1995; Boischio et al., 1995
RIO TAPADOS	432	16.76	0.7-176	Malm et al., 1996;Akagi et al., 1995b
RIO TAPADOS	96	13.2	1.0-142	Lebel et al., 1997
INDIOS KAYAPO	419	8	37-	Barbosa et al., 1997
RIO NEGRO	154	75.5	-171	Forsberg et al., 1995
RESERVORIO DE TUCURUI	125	35	0.9-240	Leino y Lodenius, 1995
RESERVORIO DE BALBINA	58	5.75	1.15-26	Malm et al., 1995b
INDIOS YANOMANI	162	3.61	1.40-8.14	Castro et al., 1991

NOTA: N Total =1782