

ESTUDIO SOBRE LA CONTAMINACIÓN MERCURIAL EN LAS LOCALIDADES BOCHINCHE (ESTADO BOLÍVAR) Y LA PLANADA (ESTADO DELTA AMACURO) VENEZUELA

Luis A. Álvarez F. y Luis A. Rojas*

RESUMEN

El uso de mercurio en la minería de oro de aluvión, en la Guayana venezolana, se ha incrementado en los últimos años al punto de representar un grave peligro para la salud, no sólo de las personas involucradas en el proceso de extracción y procesamiento del metal aurífero, sino en general, para todos aquellos que habitan en los pueblos mineros y áreas cercanas, debido a la forma como es manipulado el mercurio, elemento altamente tóxico. En el presente trabajo, realizado en zonas de la Reserva Forestal Imataca: La Planada y Bochinche, con demostrado uso de mercurio en las actividades mineras. Se tomaron muestras de suelo, sedimentos de quebradas y del agua. Éstas fueron sometidas a análisis mediante espectrometría de absorción atómica, arrojando como resultado altas concentraciones de mercurio en ambas localidades, que se acentúa en el caso de La Planada. Aunque dentro del rango informado por otros investigadores en áreas de Guayana y Brasil, los resultados superan ampliamente los niveles base establecidos en las normas internacionales.

PALABRAS CLAVES: mercurio, contaminación, Imataca

ABSTRACT

The use of mercury in mining of alluvium gold, in the Venezuelan Guayana, it has been increased in the last years to the point of representing a serious danger, not only for the health of people involved in the extraction process and prosecution of the auriferous metal, but in general, for all those that inhabit the mining towns and nearby areas, due to the way the mercury, a highly toxic element, is manipulated. This work was carried out in areas of the Imataca Forestal Reserve (La Planada and Bochinche) with demonstrated use of mercury in mining activities. Water, soil

and sediment samples from creeks were analyzed by spectrometry of atomic absorption. High mercury concentrations were observed in both areas, although particularly accentuated in the case of La Planada. Even though the results were inside the range reported by other investigators in areas of Guayana and Brazil, they are remarkably higher than the basic levels established by the international norms.

KEY WORDS: Mercury, Pollution, Imataca

INTRODUCCIÓN

El mercurio es el único metal líquido a presión y temperatura ambiente, tiene una presión de vapor a 20° C de $1,22 \times 10^{-3}$ mmHg y solubilidad en agua a temperatura ambiente de 20 µg/lt, puede encontrarse en estado elemental (Hg⁰) o bajo las formas iónicas Hg (I) (mercurioso) y Hg (II) (mercúrico), siendo más numerosos los compuestos químicos que forma el ión mercúrico (W.H.O., 1989), dentro de los cuales se encuentran, además de los cloruros y los nitratos, formas inorgánicas, los organometálicos como el metil y el etilmercurio (Mónaco y Carmona, 1981).

En nuestro país, el mercurio ha sido utilizado en la minería aurífera desde la segunda mitad del siglo pasado (Locher, 1972). No obstante, es a partir de épocas recientes, estimulado por el nuevo auge de la explotación, cuando su uso se ha extendido. En la mayoría de los casos la manipulación se hace de forma rudimentaria con desconocimiento de su toxicidad y de las consecuencias sobre el ecosistema. Así, el mercurio es utilizado en el proceso de extracción del oro de aluvión y, en importantes cantidades en la del oro de veta, a pesar de su demostrado bajo rendimiento extractivo (López, 1981; De Andrade *et al.*, 1988; Ellis, 1993). De acuerdo con esa técnica, una vez formada la amalgama oro-mercurio, se separa de las impurezas (material estéril) y se somete a calentamiento, obteniéndose el oro por desprendimiento del mercurio volatilizado (Reffensperger *et al.*, 1989). Parte del mercurio utilizado no se amalgama, por lo que drena directamente al suelo junto con las impurezas, pasando a formar parte de las

*Departamento de Ciencias, Unidad de Cursos Básicos, Núcleo de Bolívar, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar.
Recibido: Abril 1998. Aprobado: Marzo 1999.

llamadas "colas". Asimismo, durante la operación se requieren cantidades considerables de agua para remover el sedimento aurífero de su medio natural y mantener su fluidez a través de los equipos, razón por la cual el proceso debe realizarse en, o cerca de una corriente de agua que, en muchos casos, será la receptora del mercurio no amalgamado (Malm *et al.* 1990).

Trabajos realizados en minas del amazonas brasileño confirman que tanto el mercurio evaporado que ingresa a la atmósfera, como el que se vierte en suelos y aguas, puede interrelacionarse en el ambiente originando compuestos como los ya mencionados (Malm *et al.* 1990).

La intoxicación mercurial en las personas involucradas puede provenir de dos fuentes: por la inhalación de vapores, producto del calentamiento de la amalgama oro-mercurio, de la evaporación espontánea del metal por su elevada presión de vapor, o por la ingestión de especies acuáticas contaminadas con compuestos órgano-mercuriales, principalmente el metilmercurio, siendo ésta, la forma más perjudicial para la salud (Magos 1973). La metilación puede originarse en los sedimentos, en el agua o en los peces, como consecuencia de un proceso bacteriano bien definido (W.H.O. 1990; Malm *et al.* 1995). En el primer caso, el mercurio elemental (Hg^0), una vez en el organismo, se oxida pasando a ión mercuríco (Hg^{+2}), causando, cuando el envenenamiento es crónico, trastornos sensoriales, eretismo, debilidad y pérdida de peso (Mónaco y Carmona 1981; W.H.O. 1991). A esta sintomatología clínica se le conoce como mercurialismo (Mónaco y Carmona 1981) o hidrargirismo (Ruiz y Vera, 1989; Gómez *et al.* 1992).

Cuando la intoxicación ocurre por el consumo de peces contaminados puede causarse daños irreversibles al sistema nervioso central y al sistema endocrino (Mónaco y Carmona 1981). Este tipo de anomalía puede conducir, en casos graves de envenenamiento, a la parálisis, coma y muerte (Gómez *et al.* 1992).

Por el uso de mercurio en las actividades mineras, el estado Bolívar es una de las regiones del país con mayor potencial para el desarrollo de investigaciones acerca de la contaminación mercurial. Sobre el particular, ya han sido señaladas altas concentraciones del metal en muestras de tierra (Quilisque 1986; Briceño 1989; Ruiz y Vera 1989; Gómez *et al.*, 1992; Minproc 1991; Álvarez 1995), peces (Briceño 1989; Ruiz y Vera 1989; Minproc, 1991), agua (Briceño 1989; Minproc 1991) y en el hombre (Romero *et al.* 1987; Reffensperger *et al.* 1989; Rodríguez *et al.* 1990; Gómez *et al.* 1992).

El presente trabajo se orienta a determinar la cantidad

de mercurio presente en suelo, sedimento y agua de dos localidades ubicadas en la Reserva Forestal Imataca, particularmente en Bochínche y La Planada, donde mineros ocasionales hacen uso de mercurio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los lugares de muestreo seleccionados fueron La Planada, situada en el Municipio Autónomo Antonio Díaz, estado Delta Amacuro a 50 Km al noreste de El Palmar, Municipio Autónomo Padre Chen, y Bochínche, una comunidad minera a 90 Km al noreste de Tumeremo, Municipio Autónomo Sifontes, estado Bolívar (Figura 1). Ambos lugares se encuentran ubicados en la Reserva Forestal Imataca.

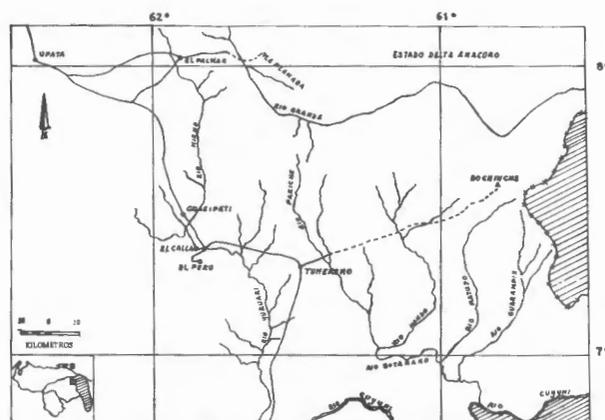


Fig. 1. Ubicación geográfica de las localidades "La Planada" y "Bochínche".

Las muestras de suelo se tomaron al azar, en la superficie y a 10 cm de profundidad en cuatro lugares equidistantes ubicados en un área de 2.500 m² y se almacenaron en bolsas plásticas adecuadamente identificadas y numeradas, cada una con peso de aproximadamente 1 kg.

Las muestras de agua de las quebradas "Los Luises" (La Planada) y "Juan Cancio" (Bochínche), fueron envasadas en recipientes de vidrio previamente tratados con solución de ácido nítrico al 5%, a las que se les agregó 5 ml de solución de dicromato de potasio al 0,05% y ácido nítrico al 10% por cada 100 ml de muestra (Malm *et al.*, 1990; Carrión *et al.*, 1994). Las muestras de sedimentos fueron obtenidas del cauce de las quebradas antes mencionadas y guardadas en bolsas plásticas. Todas las muestras (suelo, agua y sedimento) se mantuvieron bajo refrigeración hasta su procesamiento.

Las muestras de suelo y sedimento fueron secadas al ambiente (28-30°C), luego tamizadas y separadas en frac-

ciones de 80 y 120 mesh. Estas fracciones fueron recolectadas en tubos de ensayo pyrex de 30 ml de capacidad, previamente tratados con ácido nítrico al 5% y guardadas en un refrigerador hasta su análisis químico correspondiente.

Las muestras tamizadas fueron sometidas a digestión ácida (Haig y Chan, 1976), por duplicado, para finalmente la solución resultante en cada caso ser analizada mediante la técnica de vapor en frío en un espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin Elmer 2380, perteneciente al Centro de Geociencias de la Universidad de Oriente, utilizando cloruro de estaño dihidratado como reductor.

Las muestras de agua fueron analizadas directamente en el equipo antes mencionado, usando solamente la solución reductora de cloruro de estaño dihidratado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras de suelo de Bochinche contienen una concentración mercurial de $1.573,8 \pm 1.464,8$ $\eta\text{g/g.m.s.}$ con valores que variaron entre 491,6 y 6.495,6 $\eta\text{g/g.m.s.}$, significativamente menor ($p < 0,05$) que La Planada ($2.602,9 \pm 2.484,2$ $\eta\text{g/g.m.s.}$), con un rango entre 365,0 y 9.190,6 $\eta\text{g/g.m.s.}$ Las determinaciones corresponden a un total de 16 muestras en cada localidad. Estos resultados son más elevados que los informados en trabajos realizados en áreas de explotación aurífera muy cercanas al río Madeira y algunos de sus afluentes, al extremo oeste de Brasil (Malm *et al.*, 1990) y están, considerablemente, sobre el nivel base establecido para áreas no contaminadas, (100 – 190 $\eta\text{g/g.m.s.}$) según Malm *et al.* (1990) y (10 – 50 $\eta\text{g/g.m.s.}$) de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (1989), lo cual refleja el alto volumen del mercurio utilizado durante el proceso de extracción del oro. Estos resultados coinciden con lo demostrado en una investigación anterior realizada en un área más restringida de esa región geográfica (Álvarez, 1995).

Las concentraciones promedio de mercurio en muestras obtenidas en los cuatro puntos de Bochinche, variaron entre $1.168,7 \pm 435,3$ $\eta\text{g/g.m.s.}$ (491,6 – 1.943,0 $\eta\text{g/g.m.s.}$) en las porciones tomadas en la superficie, hasta $2.077,0 \pm 1.951,3$ $\eta\text{g/g.m.s.}$ (905,6 – 6.495,6 $\eta\text{g/g.m.s.}$) en las extraídas a 10 cm de profundidad, no observándose diferencias significativas ($p < 0,05$). En cuanto a La Planada, los resultados dieron valores promedio en los cuatro puntos de muestreo de $2.585,0 \pm 2.045,2$ $\eta\text{g/g.m.s.}$ (535,6 – 6.974,6 $\eta\text{g/g.m.s.}$) en la superficie y $2.623,4 \pm 2.905,7$ $\eta\text{g/g.m.s.}$ (365,0 – 9.190,6 $\eta\text{g/g.m.s.}$) a 10 cm de profundidad, cantidades que no difieren entre sí ($p < 0,05$).

Estas cifras indican una tendencia del mercurio a percolar a sustratos más bajos posiblemente a causa de su elevada densidad y la estructura fisicoquímica del suelo (Crock, 1993).

Al analizar las fracciones en que fueron divididas las muestras, se encontró que a menor diámetro de partícula mayor fue la concentración de mercurio. Así para un tamiz de 120 mesh los resultados fueron: $2.127,1 \pm 1.951,3$ $\eta\text{g/g.m.s.}$ (491,6 – 6.495,6 $\eta\text{g/g.m.s.}$) en Bochinche y $3.231,8 \pm 3.052,8$ $\eta\text{g/g.m.s.}$ (1.174,1 – 9.190,6 $\eta\text{g/g.m.s.}$) en La Planada; al contrario la fracción de 80 mesh dio valores de: $1.089,7 \pm 435,3$ $\eta\text{g/g.m.s.}$ (516,2 – 1.787,8 $\eta\text{g/g.m.s.}$) y $1.974,0 \pm 1.494,0$ $\eta\text{g/g.m.s.}$ (365,0 – 4.584,9 $\eta\text{g/g.m.s.}$) respectivamente. Sin embargo estas cifras no difieren significativamente entre sí ($p < 0,05$). Puede asegurarse que en estos casos, la mayor superficie expuesta de las partículas más finas determina una mayor retención del metal tal como se refleja en la Tabla I donde se presentan las concentraciones de mercurio en las fracciones y a diferentes sustratos. Estos resultados coinciden con los señalados por De Andrade *et al.* (1988) y Minproc (1991). El primero de ellos refiere, además del tamaño de la partícula, la incidencia de otros factores como contenido orgánico y capacidad de intercambio catiónico.

TABLA I: Distribución de las concentraciones promedio de mercurio en las fracciones obtenidas en la superficie y a 10 cm. de profundidad en las regiones estudiadas. (El número de muestras en cada caso fue cuatro).

Localidad	Nivel (cm.)	Tamiz (mesh)	Concentración promedio ($\eta\text{g/g.m.s.}$)	Desviación estándar
"Bochinche"	0	80	872,2	351,4
	0	120	1.403,0	714,7
	10	80	1.307,1	401,2
"La Planada"	10	120	2.851,2	2.460,9
	0	80	2.222,7	1.557,2
	0	120	2.947,2	2.383,0
	10	80	1.689,8	1.363,8
	10	120	3.557,1	3.644,5

En cuanto al contenido de mercurio en las muestras de sedimento se obtuvieron los valores: $892,1 \pm 102,4$ $\eta\text{g/g.m.s.}$ con un rango entre 825,8 y 1.024,8 $\eta\text{g/g.m.s.}$ en la quebrada "Juan Cancio" (Bochinche) y $604,7 \pm 133,3$ $\eta\text{g/g.m.s.}$ entre 492,0 y un máximo de 717,4 $\eta\text{g/g.m.s.}$ en la quebrada "Los Luises" (La Planada), significativamente mayor el primero de ellos ($p < 0,05$). La magnitud y tendencia de estos resultados concuerdan con lo informado por Álvarez (1995). En conjunto, se ubican dentro del

rango señalado por Quilarque (1986) (28 – 42.180 $\eta\text{g/g.m.s.}$); De Andrade *et al.* (1988) (20 - 26.700 $\eta\text{g/g.m.s.}$); Malm *et al.* (1990) (30 - 157.300 $\eta\text{g/g.m.s.}$) y Minproc (1991) (5 – 35.000 $\eta\text{g/g.m.s.}$), pero superan el rango establecido para sedimentos no contaminados (4 – 300 $\eta\text{g/g.m.s.}$) (D'Itri 1972).

Las muestras de agua analizadas dieron un contenido de mercurio de $2,667 \pm 1,972 \eta\text{g/ml}$ con un rango de 1 a 7 $\eta\text{g/ml}$ y $4,167 \pm 1,675 \eta\text{g/ml}$ entre 2 y 7 $\eta\text{g/ml}$ en las quebradas "Juan Cancio" (Bochinche) y "Los Luises" (La Planada) respectivamente. Estas cifras no difieren significativamente entre sí ($p < 0,05$) y coinciden con lo determinado en ríos brasileños (0,15 – 10,97 $\eta\text{g/ml}$) por Malm *et al.* (1990), sin embargo superan los valores que fueron evidenciados en las investigaciones de Briceño (1989) ($< 0,1 \eta\text{g/ml}$) y Minproc (1991) (ND – 0,02 $\eta\text{g/ml}$) en el río Caroní, aunque Ruiz y Vera (1989) detectaron valores de 12 $\eta\text{g/ml}$ en la misma corriente de agua. Las concentraciones de mercurio evidenciadas en este trabajo superan el mínimo permitido por organizaciones internacionales (0,05-0,79 $\eta\text{g/g}$) (Voegelé 1971) y la Environmental Protection Agency (1986) de 2 $\eta\text{g/g}$.

CONCLUSIONES

Las muestras de suelo analizadas presentan un alto índice de contaminación mercurial, resultados que son significativamente más altos en La Planada que en Bochinche. Asimismo, el mercurio en las muestras, refleja una tendencia a penetrar desde la capa superficial hasta sustratos más bajos del suelo.

Del análisis del contenido de mercurio de las fracciones de suelo, se evidencia la tendencia del metal a concentrarse con mayor facilidad en el tamizado más fino.

Los resultados correspondientes al estudio de los sedimentos muestran una alta contaminación mercurial que supera los valores establecidos en las normas internacionales.

En las muestras de agua pudo determinarse una concentración de mercurio por sobre los rangos permisibles para consumo humano: 2 $\eta\text{g/g}$ (EPA-USA), aunque por debajo de los resultados observados en trabajos realizados en ríos venezolanos y de Brasil.

AGRADECIMIENTO

Se reconoce especialmente al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el apoyo financiero al proyecto C.I.- 2 – 009 - 000677/94-96.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, L. 1995. Estudio sobre la contaminación mercurial de las localidades "Bochinche" (estado Bolívar) y "La Planada" (estado Delta Amacuro). Trabajo de Ascenso. Departamento de Ciencias. Unidad de Cursos Básicos. UDO, p 59.
- BRICEÑO, H. 1989. Contaminación mercurial del Bajo Caroní. Informe de Empresa Litos C.A., p 42.
- CARRIÓN, N., N. GUILLÉN, M. FRANCESCHETTO, M. CAETANO Y A. FERNANDEZ. 1994. Determinación de mercurio por espectrofotometría de absorción atómica con vapor frío y colector de oro. Trabajo Mimeográfico. UCV., p 11.
- CROCK, J. 1993. Mercury. In *Methods of soil analysis: Chemical properties*. Edit. by D.L. Sparks. Third Ed. Denver. U.S.A., p 32.
- D'ITRI, F. 1972. *The environmental mercury problem*. CRC Press. The Chem. Rub. Co., USA.
- DE ANDRADE, J., M. BUENO. P. VALLADARES AND A. CHOUDHURI. 1988. The fate of mercury released from prospecting areas ("Garimpos") near Guarinos and Pilar de Goias (Brazil). *An. Acad. Bras. Ci.*, 60 (3):293-303.
- ELLIS, R. ED. 1993. *Mining Journal*, 321 (8248): 301.
- EPA. 1986. Method 7471: Mercury in solid or semi solid wastes (manual cold-vapor technique). In *Environmental Protection Agency "Test methods for evaluating solid wastes, physical/chemical methods"*. Third Ed. 7471-1 - 7471-10.
- GÓMEZ, W., L. GUERRA Y D. MUJICA. 1992. Estudio clínico-epidemiológico-toxicológico de niveles mercuriales en poblaciones del Bajo Caroní. Informe Mimeográfico, p 66.
- HAIG, A., AND A.S.I. CHAN. 1976. An improved digestion method for the extraction of mercury from environmental samples. Ontario. Canada. *Anal.* 101:91-95.
- LOCHER, E. 1972. Oro en Venezuela. *Memorias IX Conferencia de Geología Interguayanas*. M.M.H.: 558-587.
- LÓPEZ, V. 1981. *El Oro en el mundo*. M.E.M., p 75.

- MAGOS., L. 1973. Mercury and mercurials. *Br. Med. Bull.*, 31 (3):241-244.
- MALM, O., W. PFEIFFER., C. SOUZA AND R. REUTHER. 1990. Mercury pollution due to gold mining in the Madeira river basin, Brazil. *Ambio*, 19 (1). p 15.
- MALM, O., M. CASTRO, W. BASTOS, F. BRANCHES, J. GUIMARAES, C. ZUFFO AND W. PFEIFFER. 1995. An assessment of Hg pollution in different goldmining areas, Amazon Brazil. *Sci. Total Environ.* 175:127-140.
- MINPROC ENGINEERS INC. 1991. The Bajo Caroni Projects. Final Report to C.V.G. -VPC Minería. Vancouver. Canadá, p 101.
- MÓNACO, M. Y G. CARMONA. 1981. Contaminación mercurial y salud mental. U.C. p 16.
- QUILARQUE, X. 1986. Determinación de mercurio (Hg) en los sedimentos de los ríos Yuruán, Yuruari y Cuyuní y su correlación con la explotación aurífera del Distrito Roscio. C.V.G. - G.O.S.H. p 28.
- REFFENSPERGER, F., M. COLMENARES Y S. RAMOS. 1989. Trabajo de investigación de los mineros de oro expuestos a riesgo de mercurio en la zona de Guayana. IVSS., Direcc. Med. Trabajo, p 15.
- RODRÍGUEZ, M., P. CARREÑO Y S. GARCÍA. 1990. Contaminación mercurial en mineros y afines del Bajo Caroní. *Plexus Med. Ocupac.*, p 32.
- ROMERO, A., N. FUENTES Y K. SHRESTHA. 1987. Concentraciones de mercurio y sintomatología gastrointestinal en pacientes mineros del estado Bolívar. *GEN*, 41 (2):41-47.
- RUIZ DE Q. Y J. VERA. 1989. Determinación de mercurio (Hg) en las muestras de agua y sedimentos del río Caroní en los sectores mineros de Carhuachi, Flamingo y Nuevo Mundo de la ciudad de Puerto Ordaz, estado Bolívar. C.V.G.- G.O.S.H., p 20.
- VOEGE, F. (1971). "Levels of mercury contamination in water and its boundaries". In: Special Symposium on Mercury in Man's Environments. Royal Soc. of Canada: 107-117.
- W.H.O.(1989). Environmental Health Criteria 86: Mercury Environmental Aspects, Geneva, World Health Organization, p 117.
- 1990. Environmental Health Criteria 101: Methylmercury, Geneva, World Health Organization, p 146.
- 1991. Environmental Health Criteria 118: Inorganic Mercury, Geneva, World Health Organization. p 169.