

Presencia de Mercurio en Tranques de Relaves de Plantas de Amalgamación en la Región de Atacama (Chile)

Washington R. Silva ¹

Resumen

El mercurio es uno de los elementos más tóxicos que existe en la naturaleza, su utilización se esta restringiendo, y se buscan alternativas para eliminar su uso. La amalgamación con mercurio del oro y la plata es un proceso muy utilizado en la Región de Atacama (Chile), y debido a ello se encuentran muchos tranque de relaves abandonados del siglo pasado y otros activos, que provienen de este proceso. El objetivo de este trabajo es evaluar la presencia de mercurio en estos tranques y su posible impacto en el medioambiente, para ello se seleccionó dos tranques antiguos abandonados y dos tranques activos. De los resultados obtenidos se puede concluir que existe un alto contenido de mercurio, alcanzando concentraciones superiores a 1000 g/t en los tranques antiguos y sobre 100 g/t en los tranques actualmente en uso. También en uno de los tranques se analizo la posible movilización del mercurio hacia el fondo, obteniéndose resultados que indican que ello no ocurre. La presencia de estos tranques abandonados presentan una potencial fuente de contaminación ambiental por erosión eólica o fluvial.

Abstracts

Mercury is one of the most toxic element existing on earth, therefore its utilization is been reduced and, substitutes are been searched at the same time. The amalgamation of gold and silver ores by using mercury has been one of the standard process at the Atacama Region in Chile, and there are several tailing dump from the past century and currently working produced by this process. Therefore, the objective of this work is to evaluate the presence of mercury in these dumps, and its possible impact on the envirmment, and in order to do that, two abandon dumps and two currently working were selected for sampling and analysing. From the results it can be conclude that in the hold dumps high content of mercury were found, reaching concentration higher than 1000 g/t and, in the working dumps mercury contents higher than 100 g/t. Additionally, the possible transportation of mercury to the bottom of the dump was study however the results did not showed any evidence of that. The presence of these dumps represents a potential source of environmental pollution caused by eolic or fluvial abrasion.

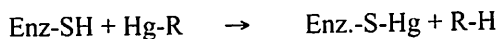
Palabras Claves: Tranques de relaves, Mercurio, Amalgamación.

¹Washington Silva Bruna, Profesor Asistente, Departamento de Metalurgia, Universidad de Atacama, Copayapu 485, Copiapó CHILE.

I ANTECEDENTES TEORICOS DEL MERCURIO

1.1 Efectos del mercurio.

En los seres humanos: la intoxicación se produce por deterioro de las funciones biológicas de ciertos enzimas con grupos tioles en función de la fijación de los alquil-mercurio sobre ellos para formar mercaptanos:



Esta fijación es muy estable inhibiendo la acción de la proteína correspondiente dando origen a «las lesiones metabólicas del mercurio». Dependiendo de la especie química se produce preferentemente la absorción por vía gastrointestinal, respiratoria o cutánea. Así el mercurio elemental aunque puede absorberse vía gastrointestinal lo hace muy lentamente, por lo que no resulta extremadamente tóxico, mientras que el vapor de mercurio inhalado penetra fácilmente a través de la membrana alveolar hasta la sangre donde queda retenido por oxidación. (Mendioroz, 1999)

La intoxicación por mercurio dependerá de la localización en el organismo y de su metabolismo (es decir de su velocidad de eliminación). Así, los derivados de alquil-mercurio son los más peligrosos: son estables dentro del organismo ya que su velocidad de eliminación es bajísima, fijándose vía plasma en hematies, sistema nervioso central y en riñones. Sus efectos en los casos más graves son irreversibles porque destruyen las neuronas. Los efectos son más graves en los tejidos en formación y se manifiestan en los recién nacidos en contaminación pre y postparto. Los síntomas clásicos en dolores abdominales náuseas vómitos y diarreas. Al poco tiempo puede aparecer salivación excesiva, sabor metálico, gingivitis, úlceras en los labios etc. (Mendioroz, 1999)

En el Medioambiente: el metal es tóxico para microorganismos, en concentraciones de 5 ppb en forma inorgánica y de 0,5 ppb en su forma orgánica, de ahí las aplicaciones del mercurio como fungicida. Las plantas acuáticas son afectadas por el mercurio inorgánico a concentraciones de 1 mg/l pero a mucho más bajas concentraciones por el orgánico. La

toxicidad es afectada por la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y contenido de sales. La concentración en los organismos marinos depende de la edad del espécimen y de su posición en la cadena alimenticia.

1.2 Antecedentes del mercurio en la amalgamación

La amalgamación es un proceso de concentración de oro y plata muy utilizado debido a su sencillez, baja inversión de capital y gran efectividad, que se basa en la ligación de estos metales al mercurio en presencia de agua, generalmente se aplica a concentrados gravíticos provenientes de aluviones o de minerales primarios donde el oro se encuentra libre. Este proceso involucra grandes pérdidas de mercurio al ambiente, ya que parte de este es arrastrado a los relaves. Además como la pulpa procedente de la amalgamación generalmente es llevada al proceso de flotación para recuperar el oro y la plata fina, gran cantidad de mercurio quedara en los relaves y todo el mercurio que por sobremolienda se “harina”, pasara a los concentrados de la flotación, alcanzando a veces niveles por sobre los 3 kilos de mercurio por tonelada lo cual presenta un grave problema para la venta de concentrados a ENAMI ya que esta empresa acepta un contenido de mercurio no mayor de 500 gramos por tonelada, lo que ha obligado a las plantas a tratar de minimizar la cantidad de mercurio en sus concentrados. La razón se debe a que estos concentrados son fundidos con otros tipos de concentrados de sulfuros que contienen una media de 100-300 gramos por tonelada de Hg, volatilizándose junto al SO₂ y otros gases. Si el SO₂ es convertido en ácido sulfúrico, puede constituir un riesgo mayor porque puede entrar en la industria de fertilizantes formando parte de la cadena alimenticia no ya como mercurio metálico sino cuando menos en forma inorgánica y más probablemente en orgánica aumentando hasta en 100 veces su toxicidad. También en la amalgamación en trapiches se produce gran contaminación ambiental por ser un sistema abierto al ambiente, a la vez que el proceso involucra etapas como el estruje del mercurio amalgamado y luego la quema de la pella obtenida, donde la pérdida de mercurio es considerable. Este proceso es uno de los más contaminantes, obteniéndose pérdidas de entre un 30 y un 70 % del mercurio utilizado en el proceso.

II PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1 Selección de tranques de muestreo

En este estudio se consideraron dos antiguos tranques de relaves abandonados y dos tranques actualmente en uso, de los cuales se tenía antecedente de la presencia de mercurio en ellos.

- Los tranques antiguos son Totalillo y Pabellón, ubicados aproximadamente a 30 y 37 kilómetros de Copiapó en dirección sur-este al valle del río Copiapó. Las plantas de amalgamación que dieron vida a estos tranque utilizaban molinos de bolas tipo Herm Lohnert, Bromberg, numero 5 (patente 38096) de 12 Kw, para realizar la molienda (Yungue 1908-1909), con los cuales obtenían granulometrias de alrededor de 80 % bajo 200 mallas (75 micrones), la amalgamación la realizaban en barriles giratorios, en ellas se procesaron minerales de Chañarcillo y de la mina Elisa. En la Planta de Pabellón utilizaban tinas de repaso una vez que salía la pulpa de los barriles amalgamadores.
- Los tranques de relaves actualmente en uso se encuentran ubicados en la salida sur de Copiapó, estos tranques reciben relaves de plantas de amalgamación que utilizan el trapiche para moler y amalgamar, la granulometría obtenida en el trapiche es de un 60-75 % bajo la malla 200. La pulpa proveniente de la amalgamación es llevada al proceso de flotación para recuperar la plata y el oro fino.



Fig. 1 Tranque de relaves Pabellón



Fig. 2 Tranque de relaves Totalillo

2.2 Muestreo

Para el muestreo se construyeron mallas de aproximadamente 10 metros de distancia entre cada punto, considerándose ocho puntos de la malla para analizar la homogenización de las concentraciones de mercurio, para luego tomar otros puntos si fuese necesario. En cada punto de muestreo se hicieron calicatas, tomándose incrementos cada 25 centímetros hasta llegar al suelo arcilloso, formándose un compuesto del punto de aproximadamente 12 kilogramos, este muestreo se realizó en forma manual, también se tomaron muestras por estrato con una sondeadora mecánica con el objeto de analizar la movilización vertical del mercurio. La altura de los tranques variaba entre 0,80 y 1,75 metros, llegando en sectores puntuales a 2,0 metros.

2.3 Preparación de muestras

Las muestras recolectadas, se pasaban en su totalidad por la malla 10 (2000 micrones) y utilizando cortadores riffle después de homogenizar, se obtenían cuatro muestras de aproximadamente 400 gramos cada una, tomándose una de ellas para análisis granulométrico, donde la muestra se lavó en la malla 400 y luego el sobre tamaño se seca y tamiza por las mallas 40, 50, 70, 100, 200, 270, 325 y 400 de la serie ASTM. Otra de estas fracciones, se prepara para análisis químico, para ello se homogenizaba, se extendía en un paño y por incrementos se tomaban 100 gramos que se tamizaban por la malla 70 ASTM (180 micrones), como la granulometría original de los relaves es fina sobre este tamiz quedaba menos

de 5 gramos, los que se reducían de tamaño para que toda la muestra pasara por la malla 80. Para no alterar el contenido de mercurio, la muestra no era seca antes de prepararla, realizando la humedad de las muestras una vez preparadas y para ello se tomaban 100 gramos de muestra la que se secaba en estufa a 100 grados de temperatura durante dos horas. El contenido de humedad era luego considerado en el cálculo de la ley de la muestra analizada.

2.4 Análisis químico

Para el análisis químico se pesaron 2 gramos de muestra en vaso de 250 ml, se humedeció con agua destilada y se atacó con 20 ml de ácido nítrico concentrado para análisis, calentando en plancha calefactora a 70-80 grados hasta semisecedad, luego se agrega 2 ml de ácido clorhídrico concentrado para análisis y agua, se calienta hasta ebullición, se enfría y se traspasa a matraz aforado de 50 ml, se filtra y se determina el mercurio por absorción atómica. La curva de calibración se prepara con patrones de 25-50-75-100-150 y 200 ppm de a partir de una solución patrón de 1000 ppm de Hg. El equipo utilizado es un Espectrofotómetro de Absorción Atómica GBC 908.

III RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los análisis de mercurio de las muestras tomadas en los tranques de relaves se muestran en las tablas N°1 y N°2 y en las figuras N°3 y N°4

Tabla N°1 Concentraciones de mercurio en los tranques antiguos

Muestra N°	Tranque Totoralillo Hg (g/t)	Tranque Pabellón Hg (g/t)
1	1526	410
2	1169	197
3	698	544
4	4468	226
5	1192	374
6	1188	516
7	917	297
8	1596	236
9	870	254
10	571	469
11	528	300
12	1019	310
13	420	480
14	350	340
15	580	480
16	370	280

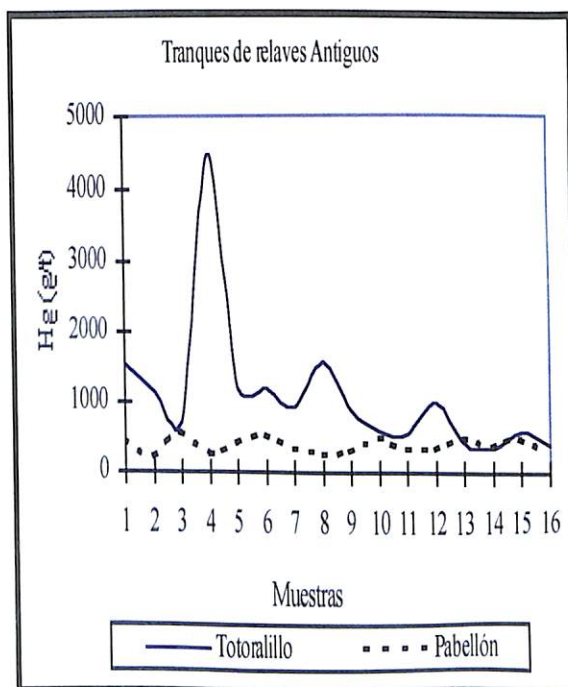


Fig. 3. Representación gráfica de las concentraciones de los tranques antiguos.

Tabla N°2 Concentraciones de mercurio en los tranques actualmente en uso

Muestra N°	Tranque Salida sur 1 Hg (g/t)	Tranque Salida sur 2 Hg (g/t)
1	103	87
2	105	79
3	101	82
4	104	75
5	98	68
6	95	77
7	101	90
8	89	80

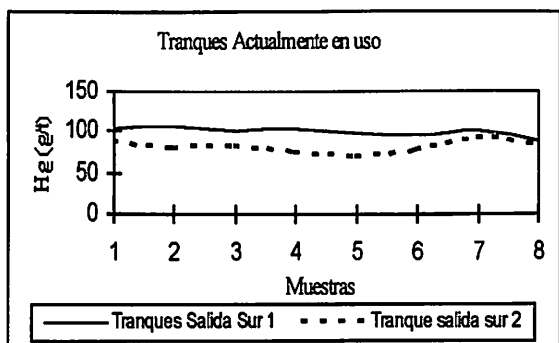


Fig. 4. Representación gráfica de las concentraciones de los tranques en actividad.

Se realizó un análisis granulométrico a la muestra de más alto contenido en mercurio del tranque Totoralillo, para analizar la fracción granulométrica en que se encontraba el mercurio. (véase tabla N°3)

Tabla N°3 Análisis químico por mallas de la Muestra 4 del tranque Totoralillo

Malla ASTM (g)	Peso muestra (%)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (g/t)	Hg (mg)	Fino Hg	
40	14,5	3,50	3,50	96,50	1858	26,9	
50	1,5	0,36	3,86	96,14	1946	2,9	
70	2,9	0,70	4,56	95,44	277	8,0	
100	2,9	0,70	5,26	94,74	2463	77,1	
140	1,2	0,29	5,55	94,45	1686	2,0	
200	17,2	4,15	9,71	90,29	1063	18,3	
270	18,2	4,40	14,10	85,90	1114	20,3	
325	11,8	2,85	16,95	83,05	890	10,5	
400	6,0	1,45	18,40	81,60	1069	6,4	
-400	337,9	81,60	100,00	0,00	5277	1783,1	
					414,1	100,0	1885,6

Para analizar la posible movilización del mercurio hacia el fondo del tranque, se tomaron estratos cada 25 centímetros en forma vertical. (véase tabla 3)

Tabla N° 4 Resultados de concentraciones de mercurio en estratos verticales de cuatro muestras del tranque Totoralillo.

Profundidad (cm)	Muestra 1 Hg(g/t)	Muestra 2 Hg(g/t)	Muestra 3 Hg(g/t)	Muestra 4 Hg(g/t)
0-25	1357	870	174	1272
25-50	1354	893	503	1463
50-75	1450	1011	936	1418
75-100	1181	919	453	1525
100-125	1142	1088	439	1457
125-150	1091	1185	239	691
150-175	1106		490	

3.1 Discusión de resultados

- Los resultados obtenidos de las altas concentraciones de mercurio en los tranques de relaves antiguos, se puede justificar ya que en Totoralillo se depositaban los relaves directamente después de ser tratado el mineral en los barriles de amalgamación, en cambio en el de Pabellón los relaves a la salida de los barriles de amalgamación eran repasados en tinajas antes de ser depositados. Los relaves de los tranques de la salida sur son producto de la flotación que se realiza después de la amalgamación, pasando el mercurio harinado directamente a los concentrados.
- Con respecto a la especiación de mercurio que se encuentra en los relaves, microscópicamente no se observa mercurio metálico, solo se observa cinabrio, cloruros de Hg y amalgama Ag-Hg, sin embargo cualitativamente se puede detectar la presencia de él al calentar la muestra a no más de 50 °C, el detector de mercurio Hg-2000 entrega lectura sobre 1500 µg/M³. Además al realizar el muestreo y medir en las calicatas, el mercurio en el ambiente, los valores entregados por el equipo variaban entre 12 y 60 µg/M³. La medición de mercurio en el ambiente sobre el tranque entrega valores en un rango entre 2 y 10 µg/M³ valor que disminuía a 0-1 a mayor altura, a una temperatura ambiente de 27 °C.

CONCLUSIONES

- Los resultados muestran una contaminación importante de mercurio en los relaves de plantas de amalgamación, especialmente los relaves de los tranques antiguos, alcanzando uno de ellos, valores promedios sobre 1000 g/t (con un valor máximo de 4500 g/t) y un promedio de 100 g/t en los tranques actualmente en uso, donde la pulpa proveniente de la amalgamación que se realiza en trapiches es llevada al proceso de flotación. Esto tiene una gran relevancia debido a la ubicación de los tranques en zonas cercanas a suelos agrícolas y al río Copiapó.

- Podemos concluir que el 94.6 % del mercurio se encuentra en la fracción bajo 38 micrones. (véase tabla 3)
- Los resultados preliminares obtenidos en los estratos verticales no indican una movilización del mercurio hacia el fondo lo cual es importante pues no habría movilización hacia las napas de agua subterránea.
- Los relaves de las plantas de amalgamación que utilizan el proceso de flotación para recuperar los finos de oro y plata contienen menos mercurio debido a que el es harinado debido a la sobremolienda en los trapiches y pasa directamente a los concentrados. Para evitar esto se recomienda moler en el trapiche y agregar el mercurio una vez que la partícula de oro y plata este liberada.

REFERENCIAS

- Prosser, E. & Silva, W. (1998): Presencia del mercurio en el ambiente de la Región de Atacama.- CONAMET (Congreso Nacional de Metalurgia) pag. 428-436; Copiapó
- Mendioroz, S. (1999), Mercurio, Monografía 305 Instituto de Catálisis y Petróleo del SCIC. Cantablanco. Madrid, España.
- Lacerda, L. & Salomons, W. (1998): Mercury from gold and mining : A chemical Time Bomb ? Pag. 51-64
- Freitas, F. (1992): Aspectos Diversos da garimpagem de ouro CETEM-Centro de Tecnologia mineral Serie Tecnologia Mineral 54
- Yunge, G. (1903): Estadística Minera de Chile, Sociedad Nacional de Minería Vol-1. Pag. 109 y 196. Santiago, Chile.
- Yunge, G. (1908-1909): Estadística Minera de Chile, Sociedad Nacional de Minería Vol-4. Pag. 461-463 Santiago, Chile.