

Relación entre áreas de trabajo y efectos a la salud en una empresa minera de Venezuela

Relationship between working areas and health effects in a gold mining industry in Venezuela

Centro de Investigaciones Toxicológicas (CITUC)
Universidad de Carabobo

Rodríguez M.
Rojas M.
Squillante G.

RESUMEN

Se estudió una empresa minera venezolana para identificar la contribución de sus áreas laborales en las posibles patologías de sus trabajadores. Se investigaron 95 trabajadores pertenecientes a nueve áreas de trabajo específicas, con más de seis años en la empresa. Fueron evaluados mediante encuesta clínica/ocupacional y monitoreo biológico de plomo y zinc en sangre (Pb-S, Zn-S) y mercurio (Hg) en orina (Hg-O). Sólo ocho áreas (88,8%) mostraron valores de Zn-S con niveles significativamente superiores al límite permisible (LP) ($p < 0,01$). No se encontró asociación significativa entre las variables signos/síntomas y edad. Se encontró una relación significativa, negativa ($r = -0,242$; $p \leq 0,05$) entre Pb-S y edad. Aunque no se encontraron signos/síntomas específicos de sobreexposición a Zn, Pb y/o Hg, 75, 7 y 1 trabajadores resultaron con niveles de Zn-S, Pb-S y Hg-O respectivamente, superiores al LP. A pesar de la exposición ocupacional a estos metales, los signos/síntomas reportados por los trabajadores no se encontraron significativamente asociados con los parámetros químicos estudiados, a excepción del Zn-S, en cuatro áreas, y los más altos índices de Hg-O en el área de fundición. Aunque estos sean nuestros resultados, la presencia de Hg siempre preocupa por los altos índices de consumo de pescado en estas poblaciones y sus posibles efectos de exposición crónica. Se recomienda a la empresa incluir en sus programas de salud ocupacional la aplicación de indicadores biológicos de exposición y de efectos precoces, así como el monitoreo ambiental de los metales en estudio para una correcta evaluación de la exposición ocupacional.

Palabras clave: Áreas laborales, minería del oro, salud ocupacional, monitoreo biológico.

Rodríguez M, Rojas M, Squillante G
Relación entre áreas de trabajo y efectos a la salud en una empresa minera de Venezuela
Mapfre Medicina, 2003; 14: 19-25

ABSTRACT

A gold mining industry in Venezuela was studied to identify the relationship between the specific working areas and workers health effects. Ninety-five subjects having more than six years at the industry were studied, from nine occupational areas. The evaluation was based on a clinical/occupational questionnaire and biological monitoring of blood lead and zinc (B-Pb and B-Zn) and mercury in urine (U-Hg). Eight areas showed B-Zn levels significantly higher than the permissible level (PL) ($p < 0.01$). No significant relationship was found between signs/symptoms and age but we found a significant negative, relationship between male levels of Pb-S and age ($r = -0.242$; $p < 0.05$). Although specific Zn, Pb and/or Hg overexposure signs/symptoms were not found, 75, 7 and 1 individuals resulted with B-Zn, B-Pb and U-Hg respectively, higher than PL. In spite of the occupational exposure to these metals, signs/symptoms reported were not significantly associated with the analytical parameters studied, except for B-Zn in four areas, and the highest U-Hg levels were at the «smelting» area. Even though these results are not alarming, the presence of Hg is always of concern as this population diet is mostly based on fish probably contaminated. Recommendations to the manager of the industry were given such as the design of further studies with early biomarkers and environmental monitoring of the metals for the purpose of a proper occupational exposure evaluation.

Key words: Working areas, gold mining, occupational health, biological monitoring.

Rodríguez M, Rojas M, Squillante G
Relationship between working areas and health effects in a gold mining industry in Venezuela
Mapfre Medicina, 2003; 14: 19-25

Correspondencia:

M. Rodríguez
Calle 144 n.º RIO-211 La Ceiba
Valencia (Venezuela)
E-mail: cituc@telcel.net.ve

Fecha de recepción: 27 de noviembre de 2001

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha producido un gran incremento de la actividad minera en países de Sudamérica, especialmente en Venezuela, Colombia y en la región amazónica de Brasil (1). Son múltiples las sustancias utilizadas en el proceso productivo del oro y sus respectivos desechos a las que los trabajadores están expuestos: mercurio (amalgamación), cianuro, sales de plomo (en las fases de fundición, calcinación y amalgamación), zinc (utilizado en forma de «virutas» que, al someterse a calentamiento, desprenden vapores a los cuales se expone el trabajador), hidróxido de cal, etc. (2). Además, las «colas» en el procesamiento son puntos críticos con altas concentraciones de arsénico, plomo (Pb), cobre y mercurio (Hg) (3). El impacto a la salud humana, así como al ambiente que se derivan del uso del Hg, han sido suficientemente estudiados y reportados en la literatura (1, 4-7).

En Venezuela, la actividad minera se encuentra dividida en dos sectores industriales: el empresarial, que puede ser privado o gubernamental, y el perteneciente a la economía informal, constituida por gran parte de nuestros mineros. La industria privada, en términos de protección a la salud y al ambiente, tiene como ventaja para el trabajador que presenta mayor supervisión de las condiciones de seguridad en el proceso productivo, permite un seguimiento de las mismas y está más controlada en relación a la protección al ambiente.

Con el fin de obtener una información fiable sobre la posible contribución de las diversas áreas de trabajo de una de estas empresas mineras, y las potenciales patologías ocupacionales de sus trabajadores se contrataron los servicios del Centro de Investigaciones Toxicológicas de la Universidad de Carabobo (CITUC), en términos de asesoría y análisis toxicológicos. Dicha empresa (que llamaremos «A» para efectos de confidencialidad) se encuentra ubicada en el estado Bolívar y representa el prototipo de riesgo laboral de empresas mineras, de carácter privado, similares. Basándonos en la hipótesis de que las características de exposición del personal en estudio varían dependiendo de cada área en particular, el objetivo del presente estudio fue identificar, con un grado de confiabilidad, la contribución de cada una de las áreas laborales de la empresa «A», en las posibles patologías que presenten los trabajadores de la misma, interpretando los resultados derivados de los instrumentos utilizados para recolección de datos, con especial énfasis en los datos

sobre monitoreo biológico de Hg, Pb y zinc (Zn). De esta manera, la empresa evaluaría las condiciones de exposición laboral de su personal, implementando programas de prevención laboral adecuadamente ajustados a la exposición según grupos.

METODOLOGÍA

La investigación realizada fue descriptiva de corte transversal. La participación en el estudio fue una decisión limitada al interés de la gerencia de la empresa y previo el consentimiento de los trabajadores involucrados.

Muestra

Estuvo constituida por el total de trabajadores de la empresa envueltos en actividad minera, siendo 95. De éstos, 85 (89,47%) eran del sexo masculino y 10 (10,53%) del femenino. El promedio de edad fue de 34,62 años, rango 21-55 años y una desviación estándar (DS) de 7,90 años. Todos habían trabajado en dicha empresa por más de seis años consecutivos y estaban distribuidos en nueve áreas de trabajo específicas (Tabla I). El estudio fue realizado en el mes de noviembre de 1999.

TABLA I. Distribución del personal estudiado según área de trabajo y sexo

Área	Hombres	% (*)	Mujeres	% (*)	Total
Laboratorio	28	32,96	8	80	36
Planta	19	22,37	1	10	20
Fundición	5	5,88	1	10	6
Molienda	9	10,58			9
Trituración	6	7,05			6
Filtración	3	3,52			3
Espesadores	5	5,88			5
Supervisión	5	5,88			5
Mantenimiento**	5	5,88			5
Total	85	100	10	100	95

* Porcentajes de acuerdo al total de trabajadores evaluados (hombres y/o mujeres).

** Incluye: electricidad, limpieza, mecánica.

Instrumentos de recolección de datos

Encuesta clínica/ocupacional

Aplicada a los 95 trabajadores de la muestra por la gerencia médica de la empresa. De allí se obtuvo información sobre datos personales, familiares, historia clínica/ocupacional, área de trabajo y estilos de vida relevantes a la salud (hábito alcohólico y tabáquico).

Análisis toxicológicos

Muestreo: un experto del CITUC se trasladó a la sede de la empresa para la respectiva toma de las muestras biológicas (sangre venosa y orina puntual), recogidas a todos los individuos en estudio. El muestreo se realizó en dos días consecutivos (simultáneo a la administración de la encuesta personal). Estas muestras se prepararon para su traslado aéreo a la sede de nuestro Centro, donde se mantuvieron refrigeradas a 4 °C hasta el momento del análisis.

Análisis: todos los análisis fueron efectuados en el laboratorio del CITUC, en Valencia. La exposición a Hg, Pb y Zn fue evaluada mediante monitoreo biológico, determinándose la concentración de Hg en orina (Hg-O), Pb en sangre (Pb-S) y Zn en sangre (Zn-S), en todas las muestras.

Técnicas empleadas: para Hg-O se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica (AA) de vapor frío, en un equipo MAS 50, según el método 116, «Mercury in Urine», de Donald Robbins (8). Para Pb-S se utilizó AA a la llama según el método 8003 de NIOSH (9). Para los análisis de Zn-S se contrató un laboratorio privado de la localidad, el cual utilizó igualmente AA a la llama. El control de calidad externo fue realizado como sigue: Hg-O, Programa Interlaboratorio de Control de Calidad, Consejería de Industria, Turismo, Trabajo y Comunicación del Gobierno de Cantabria, Santander (Cantabria), España, y Pb-S, Programa Interlaboratorio de Control de Calidad, Departamento de Economía, Hacienda y Empleo del Gobierno de Aragón, Zaragoza, España. El contenido de creatinina en orina (creat.-O), utilizado para la corrección de Hg, se determinó usando el método de Jaffe modificado (10).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se usó el paquete Statistical Package for Social Sciences (SPSS ver-

sión 9). Los datos se resumieron en cuadros y gráficos apropiados, utilizando para ello frecuencias absolutas y relativas. Se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión, así como las medidas de asociación y pruebas de significación estadística (Chi 2, t de Student) pertinentes a cada caso. La interdependencia fue explorada usando análisis de regresión entre las edades de los trabajadores y los niveles de Hg-O, Pb-S, Zn-S y entre los síntomas reportados y las diferentes áreas de trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las áreas y la distribución del personal estudiado se observan en la Tabla I. La descripción de las áreas es como sigue: **planta:** parte de la empresa donde se encuentran las diferentes áreas; **supervisión:** personal encargado de vigilar áreas y procesos; **laboratorio:** análisis de muestras obtenidas durante el proceso; **mantenimiento:** preservación y reparación de partes, instrumentales, eléctricas, mecánicas y de limpieza.

En el orden de proceso: **trituration:** reducción de rocas a partículas; **molienda:** obtención de partículas de diámetro muy pequeño a partir de la piedra; **espesadores:** concentración del material obtenido en molienda; **filtración:** liberación por cianuro del oro contenido en la arena y posterior filtración, y **fundición:** quemado a altas temperaturas donde se separa la escoria del oro.

Fueron reportados 17 (17,89%) fumadores, todos del sexo masculino. Cincuenta y siete (60%) de los trabajadores refirieron consumir licor, de los cuales 50 (87,71%) pertenecen al sexo masculino y 7 (12,29%) al femenino. Los datos recogidos en la historia referentes al uso de alcohol no son concluyentes, pero se observó que bebidas de alto contenido alcohólico son fácilmente adquiridas en las licorerías de la zona.

Los valores promedio de Hg-O, Pb-S y Zn-S, obtenidos según sexo y área, se reportan en la Tablas II y III. Al tratar de establecer una relación entre éstos con las diferentes áreas evaluadas, se determinó que sólo se encontraron niveles superiores al LP en los promedios de Zn-S, en un total de ocho áreas (88,88%), determinándose 75 sujetos con concentraciones significativamente superiores al LP distribuidos en los departamentos de laboratorio, planta, fundición y molienda (Tabla III). Igualmente se observaron niveles superiores al LP en Pb-S (siete sujetos) y sólo una mujer resultó con niveles de Hg-O que exceden los límites establecidos por la ACGIH (11). En este senti-

TABLA II. Valores promedio (X) de Pb-S (ug/dl) y Hg-O (ug/g creat.) del personal estudiado según sexo y áreas laborales

Área	Pb-S (ug/dl)						Rango
	Hombre		Mujer		Total		
	n	X	n	X	n	X ± S	
Laboratorio	28	16,96	8	27,62	36	19,33 ± 11,89	5-60
Planta	19	14,57	1	29,00	20	15,30 ± 6,89	0-29
Fundición	5	13,60	1	7,00	6	12,50 ± 7,39	7-27
Molienda	9	19,44			9	19,44 ± 17,40	0-61
Trituración	6	12,83			6	12,83 ± 7,85	7-27
Filtración	3	19,00			3	19,00 ± 7,81	14-28
Espesadores	5	12,20			5	12,20 ± 3,11	7-15
Supervisión	5	9,80			5	9,80 ± 3,49	4-13
Mantenimiento	5	23,80			5	23,80 ± 13,06	0-61
Total	85	15,97	10	25,70	95	17,00 ± 10,48	0-61

Área	Hg-O (ug/g creat.)						Rango
	Hombre		Mujer		Total		
	n	X	n	X	n	X ± S	
Laboratorio	28	1,75	8	4,18	36	2,29 ± 3,18	0-17,25
Planta	19	6,58	1	ND	20	6,25 ± 8,78	0-31,83
Fundición	5	6,06	1	38,63	6	11,49 ± 16,02	0-38,63
Molienda	9	1,51			9	1,51 ± 0,96	0,48-3,36
Trituración	6	1,84			6	1,84 ± 1,34	0-3,43
Filtración	3	1,15			3	1,15 ± 1,09	0-2,18
Espesadores	5	1,56			5	1,56 ± 0,78	1,05-2,94
Supervisión	5	2,08			5	2,08 ± 1,84	0,71-5,28
Mantenimiento	5	5,47			5	5,47 ± 4,57	0,96-10,60
Total	85	3,27	10	7,21	95	3,60 ± 6,46	0-38,63

ND = No detectado.

TABLA III. Valores promedio (X) de Zn-S (ug/dl) y Hg-O (ug/g creat.) del personal estudiado según sexo, áreas laborales y su asociación con sus límites permisibles (LP)

Área	Zn-S (ug/dl) ¹						Rango
	Hombre		Mujer		Total		
	n	X	n	X	n	X ± S	
Laboratorio	28	197,64	8	175,12	36	192,63 ± 49,80	103-340
Planta	19	188,81	1	164,00	20	187,60* ± 37,70	103-248
Fundición	5	211,00	1	197,00	6	208,00* ± 28,09	178-257
Molienda	9	201,22			9	201,22** ± 56,66	114-291
Trituración	6	182,66			6	182,66 ± 47,04	112-249
Filtración	3	232,00			3	232,00 ± 47,62	178-268
Espesadores	5	202,80			5	202,80 ± 49,91	129-256
Supervisión	5	189,00			5	189,00 ± 76,63	118-292
Mantenimiento	5	122,80			5	122,80 ± 39,37	79-108
Total	85	192,38	10	176,20	95	190,68* ± 49,58	79-340

¹ LP < 150 ug/dl.* Diferencia estadísticamente significativa superior con respecto al LP ($p < 0,01$).** Diferencia estadísticamente significativa superior con respecto al LP ($p < 0,05$).

do, nuestro trabajo difiere del de V G Petropavlovskii e I P Starovoitova IP (12), quienes encontraron niveles bajos de Zn (entre otros elementos medidos) y niveles aumentados de Pb y Hg, entre mineros del oro en Central Kolyma, Rusia. Estos explicaron, inclusive, el déficit de hierro y Zn entre estos trabajadores.

El rango de Hg-O en este estudio fue de 0-38,63 ug/g creat. encontrándose el promedio más elevado en el área de fundiciones (11,49 ug/g creat.). Este valor, aunque permisible, fue significativamente superior al promedio de Hg-O general observado en la totalidad de las áreas ($p < 0,01$). Esto era de esperarse pues los operarios de fundición se supone que tienen la exposición más intensa a Hg ya que son los que se encargan de quemar directamente la amalgama de Hg-oro. En la empresa que particularmente nos ocupa, sin embargo, esta operación no es realizada en ambientes totalmente cerrados y los mismos cuentan con sistemas de extracción relativamente eficientes para retener el vapor de Hg después del quemado. Con ello, se minimiza la exposición humana. Los trabajadores expuestos bajo estas condiciones tienen niveles de Hg urinario mucho menores que por ejemplo, los que lo queman en locales totalmente cerrados sin mecanismos de extracción/ventilación apropiados. Por otra parte, atendiendo a los parámetros que determinan el riesgo (toxicidad de la sustancia x características de exposición), se observó que el tiempo de exposición de los trabajadores de esta empresa es corto durante el día. La comparación de datos pre-

liminares en excreción de Hg y la potencial exposición por inhalación parecen indicar una menor absorción cuando la concentración de Hg es alta y el tiempo de exposición es corto (7). Asimismo, el uso de retortas en la empresa reduce significativamente las emisiones de Hg.

Es importante hacer notar que en este trabajo se usó una muestra puntual de orina para la determinación de la concentración de Hg. La muestra ideal hubiese sido orina de 24 horas. Sin embargo, las dificultades para la recolección de la misma en el ambiente laboral, hacen que no sea factible. Las muestras de orina puntual fueron por ello, debidamente corregidas por creatinina, como se ha recomendado (13).

La presencia de signos/síntomas en los últimos seis meses se evaluó mediante el uso de una encuesta y los mismos sólo se presentaron en seis áreas de trabajo (Tabla IV). El total de personas de estas áreas suma 78. De éstas, 11 personas (14,09%) fueron positivas para signos/síntomas —aunque no específicos de intoxicación mercurial— a excepción del temblor que se reportó en un porcentaje bajo (1,28%). La ausencia de patologías consistentes con exposición mercurial era inesperada en este trabajo, sin embargo, las concentraciones encontradas de Hg-O avalan este hallazgo. Estudios previos de trabajadores expuestos a vapores de Hg describen temblor, trastornos de la coordinación, pérdida de la memoria y de la visión del color, asociados a concentraciones de Hg-O > 50 ug/g creat (14-17) y la OMS ha recomendado estándares para la evaluación de ries-

TABLA IV. Distribución de los signos/síntomas referidos por los trabajadores según las áreas de trabajo donde se encontraron

Signos/ síntomas	Laboral (n = 36) ³		Planta (n = 20) ³		Filtrac. (n = 3) ³		Espesard. (n = 5) ³		Molienda. (n = 9) ³		Superv. (n = 5) ³		Total (n = 78)	
	n	% ¹	n	% ¹	n	% ¹	n	% ¹	n	% ¹	n	% ¹	n	% ²
Hipertensión			2	10									2	2,56
Dérmicos					1	33,33			2	22,22	1	20	4	5,13
Metabólicos	2	5,55											2	2,56
Fatiga									1	11,11			1	1,28
Gastropatías	1	2,77											1	1,28
Temblor							1	20					1	1,28
Total	3	8,33	2	10	1	33,33	1	20	3	33	1	20	11	14,09

¹ % con base al total de trabajadores pertenecientes a cada área positiva para síntomas.

² % calculado con base al total de individuos pertenecientes a las áreas que presentaron síntomas (78), tomando en consideración que un trabajador puede referir más de un signo/síntoma.

³ Total de trabajadores/área.

gos de la exposición a Hg con concentraciones en orina > 100 ug/g creat. (18), valores que no se alcanzaron en el presente estudio.

Esta investigación es consistente con otros estudios reportados que describen síntomas de toxicidad mercurial pobremente correlacionados con la exposición a Hg (19, 20). Teniendo en cuenta que tanto el Hg como el Pb son metales neurotóxicos, existe la limitación de que no se realizó una investigación neurotoxicológica específica, lo que puede influenciar para que los efectos sutiles neurológicos, tanto del Hg como del Pb, pasaran inadvertidos.

Los signos/síntomas fueron más frecuentes en las áreas de laboratorio y molienda. Esto podría ser atribuido al hecho de que los laboratorios son siempre zonas críticas de exposición, pues allí se realizan variados análisis, con exposición, no sólo al producto sino a los reactivos utilizados para la caracterización del mismo. Por otra parte, en el área de molienda se obtienen partículas más pequeñas a partir del material bruto, que al sufrir el proceso de pulverización, liberan las sustancias que están contenidas en forma natural en la piedra, favoreciendo la exposición inhalatoria y dérmica del trabajador.

No se encontró una asociación significativa entre la variable signos/síntomas y edad, con algunas de las medidas de exposición a estos metales (Hg-O, Pb-S y Zn-S). Sólo se encontró una relación significativa aunque negativa ($r = -0.242$; $p \leq 0,05$), entre los valores promedio de Pb-S y la edad, en los hombres.

Se efectuaron análisis de regresión logística para determinar si los signos/síntomas reportados tenían alguna asociación con las diferentes áreas de trabajo, determinándose que la presencia de éstos no estuvo significativamente relacionada a ninguna de las áreas estudiadas ni a las medidas de exposición. En este sentido, nuestro estudio coincide con el de Ask y col (19), quien refiere que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre el total de signos/síntomas reportados y la ocupación de los trabajadores allí estudiados.

Es importante mencionar que entre las limitaciones de este estudio se encuentran con que la información proveniente de la encuesta no permitió recoger mas datos. Por otra parte, los sujetos fueron escogidos a la discreción de las autoridades de la empresa y no hubo grupo control, no expuesto, para comparación, lo que probablemente resulta un sesgo. Además, la evaluación clínica estuvo basada sólo en la historia clínica/ocupacional y en una sola muestra de orina para Hg y una de sangre para Pb y Zn. Siendo que la muestra de cada uno de los parámetros fue to-

mada una sola vez, esto podría no reflejar la exposición por largo tiempo, de los sujetos. Igualmente, no se tienen datos concluyentes sobre exposiciones pasadas en ésta u otras ocupaciones, ni sobre el uso de equipos de protección personal.

CONCLUSIONES

— Aunque no se encontraron signos/síntomas específicos de sobreexposición a Zn, Pb y/o Hg, 75, 7 y 1 trabajadores resultaron con niveles de Zn-S, Pb-S y Hg-O, respectivamente, superiores al LP.

— A pesar de la exposición ocupacional a estos tres metales, los signos/síntomas reportados por los trabajadores no se encontraron significativamente asociados con los parámetros químicos estudiados, a excepción del Zn-S, en las cuatro áreas anteriormente señaladas.

— Conociendo el hecho de que no se encontró una relación estadísticamente significativa, entre ninguna de las áreas de trabajo y los signos/síntomas reportados, el área de fundición representó uno de los cuatro departamentos con promedios más elevados de Zn-S y con el mayor promedio de Hg-O. Esto permite inferir su importante contribución a los potenciales efectos adversos de la exposición en la actividad minera, pudiéndose considerar área de alto riesgo.

— Aunque estos sean nuestros resultados, la presencia de Hg siempre preocupa, por los altos índices de consumo de pescado en estas poblaciones y sus posibles efectos de exposición crónica.

— Se recomienda a la empresa que, en su diseño de futuros programas de salud ocupacional, incluya de forma sistemática por ejemplo (para la detección temprana de efectos neurotóxicos en esta población laboral), el uso de indicadores biológicos de exposición y de efecto, de forma tal que la toma de decisiones se pueda implementar con biomarcadores de efectos precoces, sin esperar una alteración manifiesta de la salud. De igual manera el monitoreo ambiental de los metales en estudio, contribuiría de manera eficaz, a la correcta evaluación de la exposición ocupacional.

BIBLIOGRAFÍA

1. ROJAS M, DRAKE P, ROBERTS S. Assessing Mercury Health effects in gold workers near El Callao, Venezuela. *JOEM*. 2001; 43 (2): 158-165.

2. BETANCOURT O. Para la Enseñanza y la Investigación en Salud y Seguridad en el Trabajo. Quito: OPS/OMS-FUNSA, 1999; 1.ª ed, cap 5, 171-230.
3. VAN STRAATEN P. Mercury contamination associated with small-scale gold mining in Tanzania and Zimbabwe. *Sci Total Environ.* 2000 ; 259 (1-3): 105-113.
4. DRAKE P, ROJAS M, REH CH, MUELLER C, JENKINS M. Occupational exposure to airborne mercury during gold mining operations near El Callao, Venezuela. *Int Arch Occup Environ Health.* 2001; 74: 206-212.
5. DRASCH G, BOSE-O'REILLY, BEINHOFF C, ROIDER G, MAYDL S. The Mt. Diwata study on the Philippines 1999 assessing mercury intoxication on the population by small scale gold mining. *Sci Tot Environ.* 2001; 267 (1-3): 151-168.
6. MALM O. Gold Mining as a Source of Mercury Exposure in the Brazilian Amazon. *Environ Research.* 1998; Section A 77:73-78.
7. MALM O, CASTRO M, BASTOS W, BRANCHES F, GUIMARÃES J, ZUFFO C, et al. An assessment of mercury pollution in different goldmining areas, Amazon Brazil. *Sci Tot Environ.* 1995; 175:127-140.
8. ROBBINS, D. Mercury in Urine. En: T Kneip, J Crabl (eds), *Methods for Biological Monitoring. A Manual for Assessing Human Exposure to Hazardous Substances.* Washington, 1988; 207-211.
9. National Institute for Occupational Safety and Health. *NIOSH. Manual of Analytical Methods.* Cincinnati, OH: US Dept of health and Human Services, Public Health Services, Centers for Disease Control and Prevention, NIOSH, DHHS; 1994; 4.ª ed, publication n.º 94-113.
10. TAUSSKY, H. *Standard Methods of Clinical Chemistry.* New York: Academic Press, 1966.
11. ACGIH. *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices (TLVs and BEIs).* Cincinnati, 2000; 96-102.
12. PETROPOVLOVSKII V G, STAROVOITOVA I P. Elements of blood in workers of the Matrosow mine. *Med Tr Prom Ekol.* 1996; (3): 28-31.
13. CALDER I M, KELMAN G R, MASON H. Diurnal variations in urinary mercury excretion. *Hum Toxicol.* 1984; (3): 463-467.
14. SMITH R G, VORWAD A J, PATIL L S, MOONEY T F Jr. Effects of exposure to mercury in the manufacture of chlorine. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1970; 31: 687-700.
15. PIKIVI L, HANNINEN H, MARTELIN T, MANTERE P. Psychological performance and long term exposure to mercury vapors. *Scand J Work Environ Health.* 1984; 10: 35-41.
16. WILLIAMSON A M, TEO R K, SANDERSON J. Occupational mercury exposure and its consequences for behaviours. *Int Arch Occup Environ Health.* 1982; 50: 273-286.
17. CAVALLERI A, BELLOTI L, GOBBA F, LUZZANA G, ROSSA P, SEGHIZZI P. Colour vision loss in workers exposed to elemental mercury vapour. *Toxicol Lett.* 1995; 77 (1-3): 351-355.
18. DE KOM J F, VAN DER VOET G B, DE WOLF F A. Mercury exposure of maroon workers in the small scale gold mining in Suriname. *Environ Res.* 1998; Section A 77 (2): 91-99.
19. AKS S, ERICKSON T, BRANCHES F, NALEWAY C, CHOU H, LEVY P, et al. Fractional Mercury Levels in Brazilian Gold Refiners and Miners. *Clinical Toxicology.* 1995; 33 (1): 1-10.
20. HARADA M, NAKACHI S, CHEU T, et al. Monitoring of mercury pollution in Tanzania: relation between head hair mercury and health. *Sci. Total Environ.* 1999; 227: 249-256.