

Determinación de la contaminación mercurial en personas vinculadas con la minería de oro en el Distrito Minero del San Juan, departamento del Chocó, Colombia

Determination of pollution in people involved in mercurial mining gold in the Mining District of San Juan, department of Chocó, Colombia

FAIRY MARÍA MEDINA MOSQUERA, ING AMB¹, HELCÍAS JOSÉ AYALA MOSQUERA, ING MINAS², JESÚS DAVID PEREA, MD¹

RESUMEN

Se analizaron los resultados de la evaluación de niveles de contaminación mercurial, realizadas en personas vinculadas en la cadena de minería de oro en el Distrito Minero del San Juan, departamento del Chocó. Se buscó evaluar riesgos potenciales en la salud asociados con la actividad minera, especialmente aquellos generados por la inadecuada manipulación del mercurio en procesos de amalgamación. Se empleó una valoración médica y toxicológica realizada a 87 personas, identificadas en 10 municipios; a 70 de ellos se les determinaron trazas de mercurio presentes en cabellos, orina, y sangre. El método de análisis de las muestras de orina y sangre fue el de combustión directa y para el análisis de las muestras de cabello fue el método de absorción atómica. La escogencia de estas personas respondió a los siguientes criterios: presentación de enfermedades, vulnerabilidad generada por la frecuencia de exposición y manipulación directa del mercurio, y por residencia en áreas altamente presionadas por la actividad minera. Como resultado se obtuvo que 56 de las 70 personas analizadas están contaminadas con mercurio, cuatro con diagnósticos de intoxicación mercurial, una reportó intoxicación crónica y solo 9 de los 70 pacientes, no se les detectaron niveles de mercurio en ninguna de las tres muestras analizadas. Se concluyó que el uso del mercurio en la extracción, beneficio y comercialización del oro se constituye en un gran riesgo para la salud de las personas vinculadas con la minería en el Distrito Minero del San Juan.

Palabras clave: Contaminación mercurial; Distrito Minero del San Juan; Riesgos en la salud en minería de oro; Amalgamación con mercurio; Toxicología del mercurio.

ABSTRACT

This articles analyses the result of the evaluation of mercury contamination level of people involved in the chain of gold mining in the Mining District of San Juan in the department of Chocó. The research pursued the evaluation of potential health risk associated with mining activities, especially those generated by improper handling of mercury amalgamation process. The study method is supported by medical and toxicological assessment carried 87 people identified in 10 municipalities, 70 of the people were determined traces of mercury in hair, urine and blood (the method used for the analysis of samples urine and blood was the Atomic Absorption Method), the selection of these people responded to the application of the following criteria: presentation of pathologies, vulnerability

1. Investigador contratista del Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), línea de investigación sobre Minería Responsable, Quibdó, Colombia.
e-mail: fairymedinamosquera@yahoo.es
fernopio@hotmail.com
2. Director del Grupo de Investigación Biodiversidad y Etnodesarrollo en el Pacífico Colombiano y coordinador de la Línea de Investigación de Minería Responsable del Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), Quibdó, Colombia.
e-mail: hayala@iiap.org.co

created by the frequency of exposure and direct manipulation of mercury, and residence highly pressured by mining activities. The result was that 56 of the 70 people tested are polluted with mercury, four diagnosed with mercury poisoning; one reported chronic intoxication and only 9 of the 70 people were not detected levels of mercury in any of the three samples. From the above result it is concluded that the use of mercury in the extraction, beneficiation, and marketing of gold constitutes a major risk to the health of people linked to mining in the Mining District of San Juan.

Keywords: *Mercurial pollution; Mining District of San Juan; Health risk mining gold; Mercury amalgamation; Toxicology of mercury.*

INTRODUCCIÓN

La actividad minera auroplatinífera en el departamento del Chocó, sobre todo en los municipios de la subregión del San Juan y en los municipios de la parte Alta y Media del Atrato, se ha constituido como una de las principales actividades económica de sustentabilidad desarrollada por sus pobladores desde la época de la colonia, con la aplicación de métodos que son de antigua tradición cuyos orígenes se remontan a las prácticas extractivas que dejaron los primeros esclavos que fueron introducidos a las minas de oro que se descubrieron en los ríos del Pacífico (San Juan, Napí, Timbiquí, Satinga, Naya, Raposo, etc.) a mediados del siglo XVII (Convenio 062/08 UPTC-INGEOMINAS-Ministerio de Minas y Energía).

Es de resaltar, que la minería artesanal desarrollada por afrocolombianos históricamente se ha sustentado en unas prácticas amigables con el ambiente, tal vez, debido a que esta actividad se realiza con herramientas artesanales que se apoyan en el uso de tecnologías propias o etnotecnologías que mueven pocos volúmenes de gravas auríferas, cuyos impactos ambientales son pocos extendidos e insignificantes, de fácil asimilación por los procesos de resiliencia natural, situación contraria al desarrollo minero adelantado por emprendimientos con maquinaria pesada (retroexcavadoras) (Convenio 062/08 UPTC-INGEOMINAS-Ministerio de Minas y Energía).

Actualmente la actividad minera, después de haber pasado por diferentes momentos en los cuales desde otros lugares del mundo y del interior del país se introdujeron procedimientos tecnológicos diferentes de mayor rendimiento (dragas de cucharas desde comienzos de siglo XX hasta la década de 1970, dragas de succión, retroexcavadoras, elevadores hidráulicos, etc.), muchas de las prácticas artesanales han sido desplazadas y otras están en curso de desaparecer ante la presión de los nuevos sistemas que utilizan maquinaria pesada de alta versatilidad y gran

maniobrabilidad ante la irregular geomorfología regional (Convenio 062/08 UPTC-INGEOMINAS-Ministerio de Minas y Energía).

El alza en los precios del oro en la última década (para los tres primeros meses del año 2001, el valor de la onza de oro osciló entre 520.000 y 560.000 pesos y para el segundo semestre del año 2011 entre 3'700.000 a 3'800.000 pesos) intensificó la actividad minera, y con ella la demanda de mercurio, introduciendo la amalgamación por la necesidad de disminuir las pérdidas ocasionales en los procesos gravimétricos regulares.

El uso del mercurio en la minería en el Chocó está asociado con el proceso de beneficio metalúrgico, es ampliamente usado por los entables mineros mecanizados, pero debido a la forma empleada, la mayor parte se vierte a los ríos y es así como el mercurio se transforma en metilmercurio al asentarse en medios acuáticos, ocasionando problemas en el ambiente y a la salud de las comunidades que viven río abajo de las zonas mineras.

El mercurio se ha constituido en uno de los elementos de contaminación más importantes con efectos sobre la salud pública. Se ha establecido que las personas o poblaciones expuestas a niveles bajos pueden desarrollar alteraciones en las funciones del sistema nervioso (Lebel *et al.* 1996), que es especialmente sensible al metilmercurio, con consecuencias neurofisiológicas, sobre todo en el desarrollo de los fetos y en los niños pequeños. Ramos *et al.* (2000) encontraron que 40% del mercurio contenido en peces se bioacumula en forma de metilmercurio quedando disponible hasta llegar al hombre por medio de la cadena trófica (Mancera-Rodríguez, Álvarez-León 2006).

Las alteraciones del sistema nervioso central, pueden estar caracterizadas además, por un temblor involuntario de extremidades y lengua que aumenta con los movimientos voluntarios y desaparece durante el sueño. Se acompaña de alteraciones de conducta y estado de ánimo (ansiedad, irritabilidad, depresión) que se han descrito como una mezcla de neurastenia y eretismo, y de alteraciones mucosas (estomatitis y gingivitis con pérdida de piezas dentarias). Otros síntomas neurológicos son polineuropatía mixta sensitivo-motora, anosmia, constricción del campo visual y ataxia.

La vía principal de la intoxicación mercurial es la exposición al vapor de mercurio generado en la combustión de la amalgama. Cerca del 80% de los vapores inhalados son absorbidos por los tejidos pulmonares. Este vapor también penetra con gran facilidad la barrera de la sangre del cerebro. Otras vías identificadas son a través de la piel, por el contacto directo que se hace sin la utilización de guantes y a través del consumo de agua y alimentos contaminados.

La presente investigación fue desarrollada en el marco del proyecto «Implementación de la reducción del uso del mercurio y mejoramiento de la productividad y la

sostenibilidad en el Distrito Minero del San Juan», financiado por el Fondo Nacional de Regalías, bajo la coordinación de la Corporación Autónoma para el Desarrollo Sostenible del Chocó (CODECHOCO) y la supervisión del Departamento Nacional de Planeación e INGEOMINAS; los ejecutores fueron el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), la Universidad Tecnológica del Chocó «Diego Luis Córdoba» (UTCH) y la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Con el propósito de evaluar los riesgos a la salud asociados con la actividad minera en el Distrito Minero del San Juan, se identificó una población de 150 personas, con altas probabilidades de presentar intoxicaciones mercuriales, distribuidas en los 10 municipios vinculados con el proyecto. Se valoraron médicamente a 87, y a 70 de estas, se tomaron muestras de sangre, orina 24 horas y cabello por las manifestaciones sintomáticas y la vulnerabilidad de estar en contacto con el mercurio de diferentes formas; estas muestras se enviaron al Laboratorio de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Área de estudio. El Distrito Minero del San Juan se localiza al sur del departamento del Chocó, en la República de Colombia, y se integra por los municipios de Cartegui, Cantón del San Pablo, Unión Panamericana, Tadó, Istmina, Condoto, Nóvita, Medio San Juan, Río Iró y Sipí; los tres primeros hacen parte de la subcuenca del río Quito afluente del Atrato, los otros hacen parte de la cuenca del río San Juan donde confluyen los ríos Condoto, Iró, Tamaná, Taparal, y Suruco, los cuales, drenan vastas terrazas aluviales ricas en metales preciosos, donde se ha concentrado por décadas la mayor explotación auroplatínifera en la región del Chocó Biogeográfico (Figura 1).

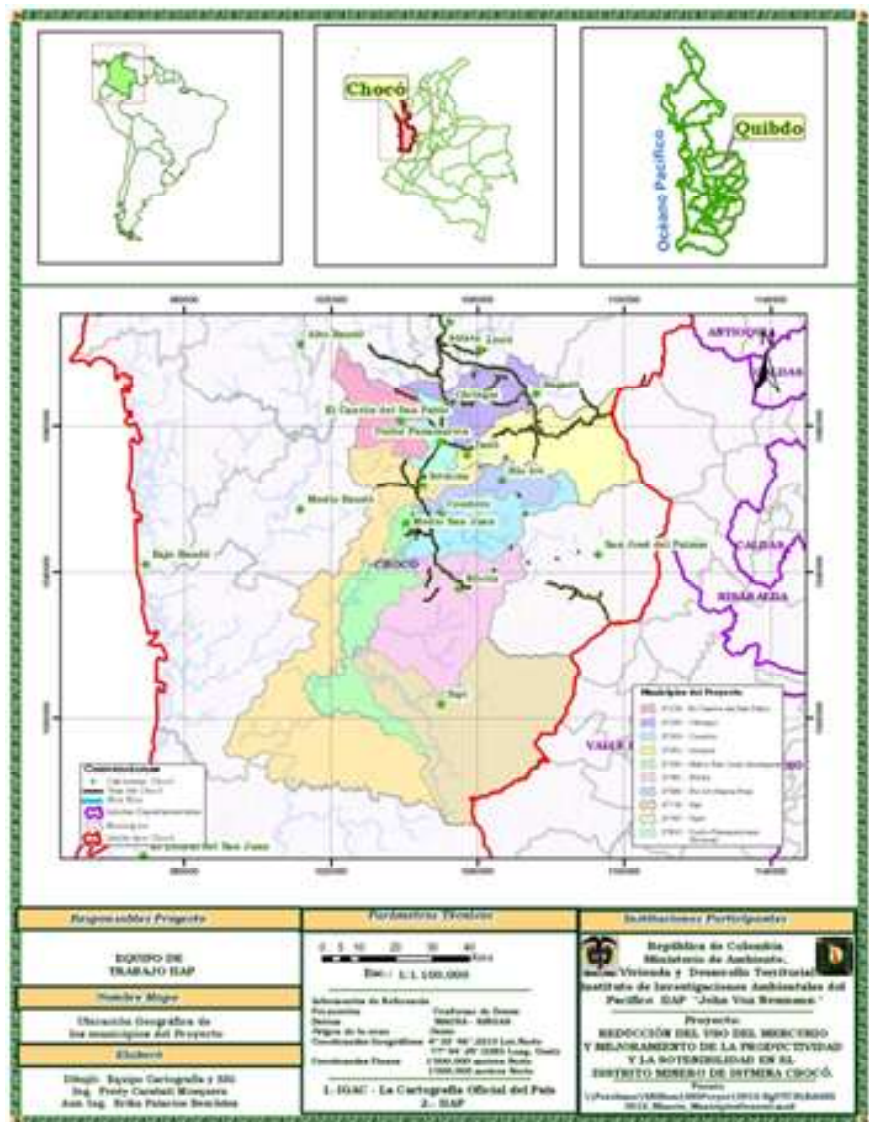


Figura 1. Ubicación área de estudio

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó bajo el enfoque metodológico investigación acción participativa, con aplicación de análisis interdimensional que permitió la determinación del estado del arte de la minería en el San Juan y sus impactos, la identificación de los actores vinculados en la cadena de producción de metales preciosos, y los procesos donde se corren riesgos por manipulación del mercurio o de amalgamas con oro. Respecto de la valoración integral de riesgos ambientales y de salubridad en la actividad extractiva minera se aplicaron los criterios de causalidad de riesgos propuesta por James Reason (Ministerio de Minas y Energía 2010) que considera varios aspectos: lo ecosistémico y ambiental, lo socio-cultural, lo económico, lo laboral, lo organizacional y lo actitudinal, instrumento que facilitó la selección de los contextos y actores en mayor situación de riesgo.



Figura 2. Toma de muestras de sangre, orina y cabello

Tabla 1
Relación de pacientes atendidos y tipo de exposición más frecuente por municipios

Municipio	Número				Tipo de exposición más frecuente	N° de personas analizadas
	pacientes atendidos	pacientes con alto riesgo de intoxicación mercurial	pacientes expuestos al mercurio dedicados a la minera	personas con diagnóstico clínico de Intoxicación mercurial		
Rio Iró	1	1	1	0	Inhalación	1
Istmina	4	4	0	1	Inhalación	1
Medio San Juan	27	19	3	3	Inhalación, piel, uso de agua contaminada con mercurio	17
Tadó	8	3	0	3	Inhalación	7
Unión Panamericana	8	4	2	0	Inhalación	7
Cértégui	6	4	0	2	Piel	6
Cantón de San Pablo	3	2	0	0	Inhalación	2
Nóvita	8	8	2	0	Inhalación	8
Condoto	8	8	1	0	Inhalación	8
Sipí	14	12	13	0	Piel, inhalación	13
Total	87	65	22	9		70

Para la valoración de la salud de las personas en riesgo, se realizó una valoración clínica preliminar con apoyo de análisis sintomatológico y patológico de referencia médica asociado con contaminación mercurial, y finalmente se realizaron análisis de laboratorio «mercurio total» en orina, sangre y cabello para determinar las trazas de este metal pesado en el organismo de las personas vinculadas con el proceso minero.

En el proyecto se identificó una población vulnerable a intoxicaciones mercuriales superior a 150 personas, distribuidas en los 10 municipios que conforma el Distrito Minero del San Juan, de las cuales 92 fueron sensibilizadas sobre el uso del mercurio y los riesgos que este genera para la salud

humana, destacando en este grupo mineros, joyeros, personas dedicadas a la compraventa, agricultores, amas de casas y niños, estos últimos, habitantes de las comunidades de El Tigre y El Guamo en el municipio del Medio San Juan, quienes presentan un alto riesgo de intoxicación por mercurio, por estar ubicadas aguas abajo de entables mineros, que vierten sus aguas al río Opogodó (principal fuente de abastecimiento de aguas para las labores domésticas, recreativas y de pesca en esta zona). De las 92 personas sensibilizadas, se valoraron 87, de las cuales fueron seleccionadas prioritariamente 70 quienes se sometieron a exámenes de mercurio total a partir de la identificación de trazas en sangre, orina y cabello (Figura 2 y Tabla 1).

En la investigación participaron un toxicólogo, un médico general, una enfermera superior, un psicólogo social, un ingeniero ambiental y un ingeniero de minas; el proyecto tuvo una duración de un año. A continuación se describen de manera sintética las etapas claves de la investigación:

Identificación y caracterización de personas expuestas al mercurio. Se realizaron visitas a entornos mineros de los municipios del distrito con el fin de convocar la población vulnerable (mineros, joyeros, personas dedicadas a la compra y venta de metales y comunidades asentadas en las riberas de fuentes receptoras de vertimientos provenientes sobre todo de la actividad minera mecanizada, aguas abajo del caserío, las cuales fueron vinculadas al proceso y sensibilizadas sobre el manejo y los riegos que genera la manipulación inadecuada del mercurio, a través de charlas grupales, personalizadas y puerta a puerta.

Determinación de los niveles de mercurio presentes en las personas identificadas como potenciales intoxicados con mercurio. La determinación de los niveles de mercurio presentes en las personas identificadas, estuvo precedida de una valoración médica personalizada que le permitió al equipo médico priorizar a 70 personas a evaluar clínicamente ponderando el estado crítico de las manifestaciones sintomáticas, y a quienes se les tomaron muestras de cabello, orina y sangre de la siguiente forma:

Muestra de sangre. Consistió en una extracción de 3 a 5 cm de sangre/persona, almacenada en un tubo seco y refrigerada durante 96 horas, de acuerdo con los protocolos del Laboratorio de Farmacología y Toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia.

Muestra de orina. Fueron recogidas en recipientes o viales plásticos suministrados por el Laboratorio de Toxicología con una capacidad de aproximadamente 10 litros, durante 24 horas, iniciando la recolección de la muestra a partir de la segunda orina durante todo el día, la noche y la primera del día siguiente.

Muestra de cabello. Teniendo en cuenta que el cabello estuviera bien limpio, seco y sin tintura, se seleccionaron varias hebras de diferentes áreas especialmente del área occipital, se cortó aproximadamente a 5 milímetros de la raíz, cortando las puntas y tomando un gramo de muestra. Se almacenaron en viales plásticos pequeños.

Las muestras se rotularon con el nombre del paciente, documento de identidad, teléfono, edad y procedencia, y se enviaron para su evaluación al Laboratorio de Toxicología de la Universidad de Antioquia. El método empleado para el análisis de las muestras de orina y sangre fue el de combustión directa y para el análisis de las muestras de cabello fue el método de absorción atómica.

En el análisis clínico se consideraron las siguientes definiciones:

Persona contaminada con mercurio. Es aquella con

antecedentes de exposición al mercurio y niveles en orina menores a 35 µg/l en ausencia de mediciones de creatinina en orina y que no presenta alteraciones clínicas ni paraclínicas.

Persona intoxicada con mercurio. Persona expuesta ocupacional o ambientalmente a la contaminación por mercurio, quien presenta niveles biológicos por encima de 35 µg/l en orina con o sin manifestación clínica como ansiedad, depresión, disminución de la perimetría, evidencia de temblores en manos, párpados, lengua y labios, cefalea persistente, insomnio, somnolencia, astenia, adinamia marcadas, caída de dientes, dientes flojos y úlceras gingivales.

Intoxicación aguda. Se presenta cuando hay exposición súbita a altas concentraciones de vapores de mercurio metálico. Inicialmente causan bronquitis o bronquiolitis erosiva con neumonía intersticial, llegando a veces hasta el edema agudo de pulmón y la muerte. Paralelamente se agregan síntomas de afección del sistema nervioso central como temblor y excitabilidad.

Intoxicación crónica. De comienzo insidioso con astenia, adinamia, anorexia y dolores generalizados. Con el transcurso del tiempo el cuadro se hace más evidente y aparece el síndrome asténico vegetativo o eretismo mercurial caracterizado además de los síntomas ya descritos por crisis pseudo-afectivas de risa y llanto, pérdida de la capacidad de iniciativa, de rendimiento y en una fase tardía delirios, alucinaciones, melancolía suicida o psicosis maniaco-depresiva. Otro signo de intoxicación crónica es la estomatitis mercurial manifiesta por sialorrea profusa con formación de úlceras en encía y paladar, aparición de un ribete de color pardo azulado en encía, conocido como ribete de Gilbert, además faringitis eritematosa intensa más común en personas con pobre higiene bucal. Un signo temprano con valor para diagnóstico precoz es el mercurialentis o decoloración de la cápsula anterior del cristalino que presenta un color pardo con opacidades puntiformes, observable con lámpara de hendidura y que no afecta la agudeza visual.

NIVELES ESPECÍFICOS DE MERCURIO EN PERSONAS EXPUESTAS Y NO EXPUESTAS

Depende de la forma de exposición, aguda o crónica, de la clase de mercurio responsable de la intoxicación, de la cantidad absorbida y de las manifestaciones clínicas variables ya descritas. Los valores de referencia para Colombia son los recomendados por el Instituto Nacional de Salud, y el Ministerio de la Protección Social, en población no expuesta, expresados como mercurio total (Tabla 2):

- Sangre ≤ 20 µg/l según el Centro Toxicológico de Quebec (CTQ).
- Orina ≤ 50 µg/l según CTQ.
- Cabello ≤ 5 µg/g según la Organización Mundial para la Salud (OMS).

Tabla 2
Valores de referencia de contaminación mercurial

Valores de referencia	
En personas expuestas	En personas no expuestas*
Mercurio en orina hasta 35 µg/l	Mercurio en orina hasta 50 µg/l
Mercurio en sangre hasta 15 µg/l	Mercurio en sangre hasta ≤20 µg/l
Mercurio en cabello hasta 7 ppm	Mercurio en cabello hasta ≤2 ppm

* Los valores de referencia para Colombia son los recomendados por el Instituto Nacional de Salud del Ministerio de la Protección Social, en población no expuesta, expresado como mercurio total. Para expuestos (TLVs and BEIs, ACGIH, 2005).

Tabla 3
Análisis de muestras de sangre, orina y cabello

Análisis	Edad	Municipio	Ocupación	Resultados de laboratorio		
				Orina 24H	Sangre	Cabello
1	63	Rio Irò	Minería		90,14 µg/l	NND
2	41	Medio San Juan	Minería	NND	0,60 µg/l	2,31 ppm
3	31	Medio San Juan	Ama de casa	NND	NND	0,52 ppm
4	2	Medio San Juan		NND	NND	1,29 ppm
5	50	Medio San Juan	Compra venta de oro	0,02 µg/l	15,73 µg/l	NND
6	41	Medio San Juan	Agricultura	NND	NND	NND
7	5	Medio San Juan	Estudiante	NND	NND	0,84 ppm
8	20	Medio San Juan	Agricultura	NND	NND	1,04 ppm
9	7	Medio San Juan	Estudiante	NND	NND	1,25 ppm
10	49	Medio San Juan	Agricultura	NND	NND	NND
11	36	Medio San Juan	Ama de casa	NND	NND	0,25 ppm
12	60	Medio San Juan	Compra venta de oro	NND	NND	Xxx
13	74	Medio San Juan	Agricultura	NND	3,62 µg/l	NND
14	43	Medio San Juan	Pensionado empresa Chocó Pacífico	NND	NND	0,92 ppm
15	72	Medio San Juan	Pensionado empresa Chocó Pacífico	NND	NND	NND
16	78	Medio San Juan	Pensionado empresa Chocó Pacífico	17,61 µg/l	NND	0,18 ppm
17	72	Medio San Juan	Pensionado empresa Chocó Pacífico	0,78 µg/l	NND	NND
18	74	Medio San Juan	Pensionado empresa Chocó Pacífico	NND	NND	NND
19	43	Tadó	Joyero		2,13 µg/l	0,81 ppm
20	52	Tadó	Ama de casa	NND	NND	0,14 ppm
21	27	Tadó	Ama de casa	NND	NND	0,10 ppm
22	27	Tadó	Joyero	1,38 µg/l	NND	0,18 ppm
23	29	Tadó	Joyero	3,12 µg/l	NND	0,84 ppm
24	31	Tadó	Joyero	NND	NND	1,14 ppm
25	51	Tadó	Joyero	NND	NND	1,28 ppm
26	45	Unión Panamericana	Compra venta de oro		1,42 µg/l	1,50 ppm
27	17	Unión Panamericana	Ama de casa		NND	14,62 ppm
28	31	Unión Panamericana	Compra venta de oro	19,29 µg/l	0,58 µg/l	NND
29	44	Unión Panamericana	Compra venta de oro	NND	NND	1,04 ppm

Tabla 3
Análisis de muestras de sangre, orina y cabello (continuación)

Análisis	Edad	Municipio	Ocupación	Resultados de laboratorio		
				Orina 24H	Sangre	Cabello
30	23	Unión Panamericana	Compra venta de oro	24,88 µg/l	NND	NND
31	24	Unión Panamericana	Comerciante		NND	0,30 ppm
32	45	Unión Panamericana	Minería	8,05 µg/l	12,12 µg/l	NND
33	30	Certegui	Compra venta de oro	8,50 µg/l	9,19 µg/l	78,43 ppm
34	52	Certegui	Compra venta de oro	9,92 µg/l	1,44 µg/l	NND
35	38	Certegui	Compra venta de oro	25,94 µg/l	32,78 µg/l	76,71 ppm
36	32	Certegui	Compra venta de oro		5,90 µg/l	59,57 ppm
37	45	Certegui	Minería	19,65 µg/l	10,37 µg/l	19,65 ppm
38	42	Certegui	Minería	16,48 µg/l	0,80 µg/l	79,32 ppm
39	41	Cantón del San Pablo	Compra venta de oro	5,37 µg/l	1,64 µg/l	NND
40	18	Cantón del San Pablo	Compra venta de oro	5,37 µg/l	2,61 µg/l	0,96 ppm
41		Novita		1,86 µg/l	NND	0,76 ppm
42	55	Novita	Compra venta de oro	10,95 µg/l	6,36 µg/l	0,87 ppm
43	29	Novita	Compra venta de oro		3,76 µg/l	NND
44	53	Novita	Compra venta de oro		11,37 µg/l	75,88 ppm
45	41	Novita	Compra venta de oro	15,34 µg/l	6,77 µg/l	NND
46	23	Novita	Compra venta de oro		2,86 µg/l	NND
47	45	Novita	Minería	29,46 µg/l	22,94 µg/l	76,29 ppm
48	21	Novita	Minería	NND	NND	NND
49	47	Condoto	Compra venta de oro	NND	1,97 µg/l	82,59 ppm
50		Condoto	Compra venta de oro	NND	37,82 µg/l	26,59 ppm
51	23	Condoto	Compra venta de oro	20,19 µg/l	20,92 µg/l	59,57 ppm
52	21	Condoto	Compra venta de oro	21,51 µg/l	12,33 µg/l	59,43 ppm
53	40	Condoto	Compra venta de oro	111,51 µg/l	38,52 µg/l	78,65 ppm
54	21	Condoto	Minería		2,86 µg/l	0,55 ppm
55	68	Condoto	Compra venta de oro	NND	4,88 µg/l	NND
56	38	Condoto	Compra venta de oro	Xxx	5,63 µg/l	Xxx
57	36	Istmina	Compra venta de oro	141,97 µg/l	16,61 µg/l	48,69 ppm
58	50	Sipí	Minería	44,92 µg/l	4,22 µg/l	0,25 ppm
59	35	Sipí	Minería	9,44 µg/l	11,95 µg/l	2,73 ppm
60	24	Sipí	Minería	Xxx	0,76 µg/l	29,64 ppm
61	32	Sipí	Minería	29,29 µg/l	14,27 µg/l	Xxx
62	30	Sipí	Minería	NND	1,29 µg/l	0,59 ppm
63	23	Sipí	Minería	Xxx	8,19 µg/l	2,56 ppm
64	42	Sipí	Minería	NND	1,48 µg/l	0,28 ppm
65	45	Sipí	Minería	Xxx	2,66 µg/l	Xxx
66	23	Sipí	Minería	Xxx	1,13 µg/l	0,55 ppm
67	38	Sipí	Minería	Xxx	5,83 µg/l	2,54 ppm
68	41	Sipí	Minería	NND	NND	Xxx
68	25	Sipí	Minería	Xxx	NND	Xxx
70	57	Sipí	Minería	Xxx	NND	Xxx

NND = Niveles no detectados

Tabla 4
Diagnóstico de individuos analizados por actividad

Actividad	No contaminado	Contaminado	Intoxicado	Intoxicación crónica	Total
Minería	6	19	1	0	26
Compraventa	1	21	3	1	26
Joyería	0	5	0	0	5
Agricultura	2	2	0	0	4
Otros	0	9	0	0	9
Total	9	56	4	1	70

- Agua nivel permisible: 1 µg/l (Decreto 2105/83 MinSalud, Colombia).

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La Tabla 3 contiene los resultados de los análisis de las muestras de sangre, orina 24 y cabello realizados en el proyecto. De acuerdo con las definiciones consideradas en la metodología y los resultados obtenidos en laboratorio, las actividades de mayor riesgo corresponden a la minería (beneficio minero) y la comercialización en compraventas (quema de amalgamas) (Tabla 4).

Los resultados evidenciaron que solo a 9 pacientes no se les detectaron niveles de mercurio en ninguna de las tres muestras. Se diagnosticaron como contaminados con mercurio a 56 personas que representan el 80% de la población estudiada, de los cuales 21 se dedican a la compraventa de oro y 19 a la minería y 11 personas que no están vinculadas con la actividad minera. Sin embargo, es posible que sus altos niveles de mercurio en su organismo se deba al contacto frecuente con fuentes hídricas y al consumo de peces contaminados, dado que el análisis de mercurio en muestras de sedimentos (de fuentes hídricas receptoras de vertimientos de entables mineros) y de peces realizado bajo el marco del mismo proyecto por la Universidad Tecnológica del Chocó, muestran que hay altas concentraciones, aunque no sobrepasan los límites permisibles para el consumo humano.

La concentración más alta (186,3 µg/kg) se encontró en las especies colectadas en la quebrada Mandinga, vertiente del río Condoto; entre los peces contaminados podemos encontrar *Astyanax fasciatus* (sardina rabicolorada) y *Brycon* sp (sábalo). Mosquera-Lozano *et al.* (2005), detectaron concentraciones de mercurio en tejidos musculares de *Brycon meeki*, *Rhamdia wagneri*, *Pomadasys bayanus* y *Hoplias malabaricus* procedentes del río Condoto, siendo esta última especie la que presentó mayor cantidad de mercurio en sus tejidos con valores máximos de 0,731 mg Hg/kg.

Con diagnóstico de intoxicación mercurial se encontra-

ron cuatro personas, tres de ellas dedicadas a la compraventa y la cuarta persona dedicada a la minería. Con intoxicación crónica se diagnosticó una persona dedicada a la compraventa. De lo anterior se concluye que la ocupación que mostró mayor número de casos de contaminación e intoxicación mercurial en el proyecto, fue la compraventa de oro (Figura 3) ya que en esta actividad se realiza con mayor frecuencia la separación del oro y el mercurio mediante la quema de la amalgama, sin ningún tipo de protección y utilización de equipos adecuados, facilitando así la inhalación de los vapores generados en el proceso de sublimación, seguido de la minería, constituyéndose estas en las actividades con mayor riesgo para la salud en cuanto al mercurio se refiere.

En las muestras analizadas por el IIAP, se reportaron para los comerciantes (compraventas) el mayor número de personas afectadas (19 de 25 comerciantes) con un máximo de concentración de mercurio de 141.97 µg/l (orina) y 82.59 ppm (cabello) y para los mineros quienes tuvieron la máxima concentración de mercurio en sangre (90.14 µg/l). Los resultados de un estudio experimental en humanos con mercurio marcado, sugieren que los niveles de mercurio en sangre podrían ser un indicador de la exposición reciente, al contrario que el mercurio urinario, podría ser un índice de la acumulación renal. Los niveles en cabellos pueden, por lo tanto, utilizarse como un indicador de «dosis» en el organismo entero así como en el cerebro y es por consiguiente un parámetro inestimable en la vigilancia de las poblaciones generalmente expuestas (Foá, Bertelli, 1984).

En los mineros los valores de mercurio en sangre fluctuó entre 0,60-90,14 µg/l, en orina 8,05-44,92 µg/l, y en cabello 0.25-79.32 ppm. Para los comerciantes los valores de mercurio en sangre fluctuó entre 0,58-38,52 µg/l, en orina entre 0,02-141.97 µg/l, y en cabello 0.3- 82.59 ppm. Para los joyeros el mercurio en sangre solo se le detectó a uno y fue de 2,13 µg/l, en orina se le detectaron a dos y fueron de 1,38 y 3,12 µg/l, y en cabello fluctuó entre 0.18-1,50 ppm. Para amas de casas y otros el mercurio en sangre solo se le detectó a una persona (3,62 µg/l); en orina solo se le detectaron a dos

personas 0,78 y 17,61 $\mu\text{g/l}$, y en cabello entre 0.25-14,62 ppm. Se puede observar que las mayores concentraciones de mercurio fueron encontradas en los comerciantes (compraventas) y mineros, quienes manipulan y queman con mayor frecuencia el oro amalgamado sin la utilización de un adecuado sistema que permita la reutilización del mercurio y evite fugas y contaminación del medio ambiente.

Las personas con niveles de mercurio más altos, presentes en las tres muestras analizadas pertenecen a los municipios de Condoto (orina: 111,51 $\mu\text{g/l}$; sangre: 38,52 $\mu\text{g/l}$; cabello: 78,65 ppm) e Istmina (orina: 141,97 $\mu\text{g/l}$; sangre: 16,61 $\mu\text{g/l}$; cabello: 48,69 ppm), seguidos de los municipios de Certequí (orina: 25,94 $\mu\text{g/l}$; sangre: 32,78 $\mu\text{g/l}$; cabello 76,71 ppm) y Nóvita (orina: 29,46 $\mu\text{g/l}$; sangre: 22,94 $\mu\text{g/l}$; cabello: 76,29 ppm); en el caso de los tres primeros, la categoría que predominó fue la compraventa y para el municipio de Nóvita la actividad minera.

Lo anterior se puede atribuir al hecho de que Condoto e Istmina son municipios con una alta producción y comercialización de metal, donde se desplazan con mayor frecuencia los mineros de los municipios vecinos, aumentando el riesgo de exposición y de presentar niveles de mercurio por encima de los valores ya establecidos por la OMS para personas expuestas, llevándolas hasta la intoxicación crónica, diagnóstico que fue reportado para un comerciante perteneciente al municipio de Istmina.

De las muestras analizadas (orina, sangre y cabello), las que presentaron niveles de mercurio por encima de los establecidos con mayor frecuencia para personas expuestas, fueron las muestras de cabello de las cuales se informaron 15, distribuidas así: cinco para Condoto, cinco para Certequí, dos para Nóvita, una para Istmina, una para Sipí y una para Unión Panamericana, destacada esta última por pertenecer a una ama de casa de 17 años de edad quien no manipula directamente el mercurio amalgamado, pero sí las prendas de vestir contaminadas por el comerciante.

En el municipio del Medio San Juan, se muestreó un grupo de personas entre las que se destacaron agricultores, estudiantes (niños menores de edad), amas de casa y personas pensionadas de compañía minera que hizo presencia en el municipio hace más de 50 años, y se encontró que aunque ninguno de estas subcategorías, incluidas en la categoría de otros, no sobrepasaron los 2 ppm de mercurio en cabello, valor establecido por el Instituto Nacional de Salud del

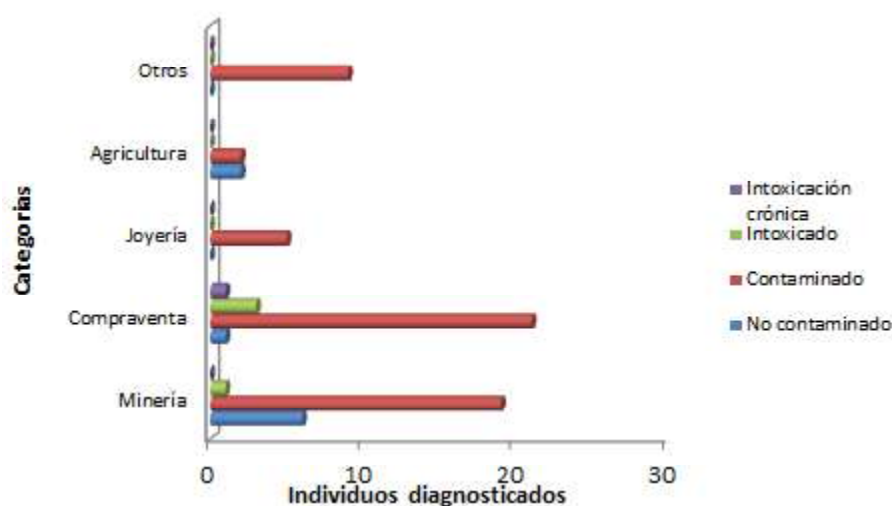


Figura 3. Diagnósticos por categorías

Ministerio de la Protección Social, para personas no expuestas, tres de ellos (niños) con edades de dos, cinco y siete años, presentaron las concentraciones de mercurio 1,29 ppm, 0,84 ppm y 1,25 ppm respectivamente.

Lo anterior, podría generar un sistema de alarma sobre todo para la comunidad de El Tigre, donde pertenecen estos niños, por tener su caserío sobre la ribera del río Opogodó altamente influido por la actividad minera y considerado por estos habitantes como la principal fuente hídrica de abastecimiento, donde se practica la pesca, la navegación en canoa, la recreación y labores domésticas. Aún a niveles bajos, el mercurio puede causar daños en la fisiología de las personas, y la sintomatología se manifiesta de manera tardía.

En otros estudios realizados en el departamento del Chocó, se pueden ver reflejadas las altas concentraciones de mercurio presentes en muestras de cabello y uñas (CODECHOCO¹), tomadas por el Ministerio de Minas y Energía a través de la División Regional de Minas de Quibdó (antigua autoridad minera que hizo presencia en el departamento del Chocó) entre los años 1993 y 1995 (Tablas 5 y 6); y en muestras de cabello tomadas por CODECHOCO entre los años 2009 y 2010 (Tablas 7 y 8), en algunos municipios como Tadó, Istmina, Condoto y Nóvita pertenecientes al Distrito Minero del San Juan y el municipio de Quibdó que pertenece a la región del Atrato en el departamento del Chocó.

Los resultados reportados por el Ministerio de Minas y Energías en 352 muestras (entre uña y cabello) tomadas a 176

1. Presentación institucional, por Darío Cujar. Subdirector Calidad y Control, Corporación Autónoma para el Desarrollo del Chocó (CODECHOCO). Situación de la minería en el departamento del Chocó, 2010.

Tabla 5
Muestras biológicas positivas por año. División Regional de Minas de Quibdó,
Ministerio de Minas y Energía

Municipio	1993			1994			1995		
	Analizadas	Positivas	%	Analizadas	Positivas	%	Analizadas	Positivas	%
Quibdó	25	14	56,0				30	5	16,7
Tadó				47	14	29,8			
Istmina	14	10	71,4	17	4	23,5	8	2	25,0
Condoto	46	29	63,0	28	12	42,9	27	11	40,7
Novita							10	4	40,0
Total	85	53	62,4	92	30	32,6	75	22	29,3
Nº personas muestreadas		79			56			41	

Total personas muestreadas: 176 Total personas muestreadas positivas: 158 Personas muestreadas positivas: 89.7%
Total muestras tomadas (uñas y cabellos): 352 Fuente: CODECHOCO

Tabla 6
Máximas concentraciones de mercurio encontradas por año.
Regional de Minas de Quibdó, Ministerio de Minas y Energía

Municipio	1993		1994		1995	
	Uñas	Cabellos	Uñas	Cabellos	Uñas	Cabellos
Quibdó		144 (joyero)			6,9 (joyero)	6,8 (comprad)
Tadó			285,3 (minero)	82,6 (minero)		
Istmina		79,71 (compra)	14,3 (comprad)	99,6 (comprad)	76,8 (comprad)	46,2 (comprad)
Condoto	167,32 (joyero)	144 (comprad)	137,3 (minero)	55,1 (minero)	47,8 (comprad)	152 (comprad)
Novita					212 (minero)	48,5 (compra)

Limites permisibles de mercurio: Cabellos: 7 ppm Uñas: 5 ppm Análisis: Laboratorio de Toxicología, Centro de Investigaciones Ambientales, Universidad de Antioquia, Colombia. Fuente: CODECHOCO

Tabla 7
Muestras de cabello, año 2010. Proyecto Producción Más Limpia

	Nº muestras (138)				Niveles de Hg en cabello (mg/kg)			
	válidas	no válidas	positivas	negativas	<0,05	0-1	1-3	3-5
	138	0	138	0	65	39	27	7
%	100	0	100	0	47,10	28,26	19,57	5,07
Rango valores					0,0-0,05	0,149-0,963	1,056-2,97	3,15-4,448

Fuente: CODECHOCO

Tabla 8
Muestreos en cabello, año 2009. Proyecto Producción Más Limpia (CODECHOCO)

	N° muestras (80)				Niveles de Hg en cabello (mg/kg)			
	válidas	no válidas	positivas	negativas	<0,05	0-1	1-3	3-5
	63	13	63	0	52	4	4	3
%	78,8	16,2	100,0	0,0	65,00	5,00	5,00	3,75
Rango valores					M 0,05 - 4,63	7,09-9,43	10,5-13,1	15,1-58,5

Fuente: CODECHOCO

personas entre los años 1993 y 1995, encontraron que en 158 (89,7%) personas arrojaron diagnósticos positivos, es decir valores por encima de 7 ppm para muestras de cabello y de 5 ppm para muestras de uñas, pre-establecidos por la OMS. En el estudio del Ministerio de Minas se observó que las personas dedicadas a la compraventa y a la minería presentaron las concentraciones más altas de mercurio, tanto en las muestras de cabello, como en las muestras de uñas. Las concentraciones máximas encontradas en las muestras de uñas y cabellos fueron: para los mineros las máximas concentraciones se reportaron en muestras de uñas (285,3 ppm), para las personas dedicadas a la compraventa del metal también fue en muestras uñas (144 ppm) y para los joyeros las máximas concentraciones se reportaron en cabello (167,32 ppm).

Reportes de CODECHOCO, obtenidos en el proyecto de Producción Más Limpia, aunque no presentan los resultados por categorías o actividades, evidencian que las muestras de cabellos analizadas en los años 2009 a 80 personas y 2010 a 138 personas, 63 de las 80 del primer período de análisis y la totalidad de las muestras analizadas en el año 2010 presentaron diagnósticos positivos, es decir, altas concentraciones de mercurio (Tablas 7 y 8).

Los reportes de las muestras analizadas en los tres estudios presentados (Ministerio de Minas y Energías,

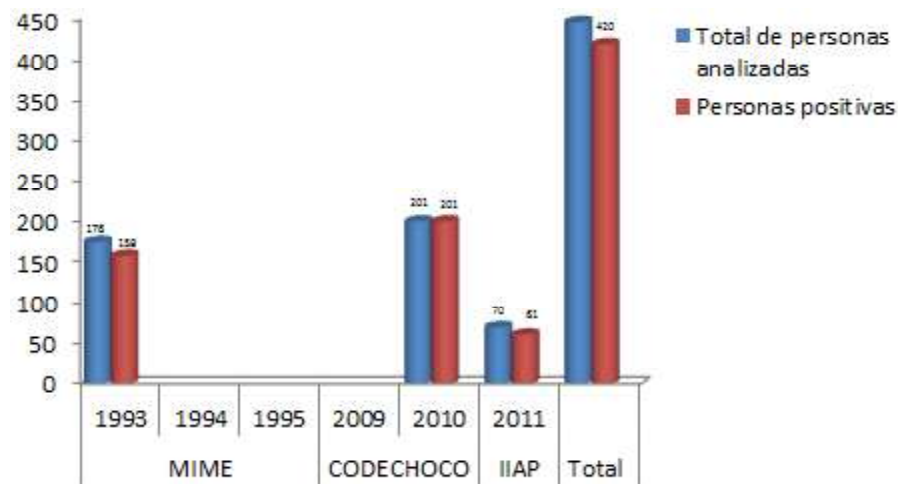


Figura 4. Relación de muestras analizadas por estudio

CODECHOCO, IIAP), muestran que más del 85% de las personas analizadas presentaron contaminación mercurial, es decir, concentraciones de mercurio por encima de los valores establecidos por la OMS, tanto para personas expuestas, como para aquellas no expuestas (Figura 4).

De las 447 personas con riesgos de presentar contaminaciones mercuriales, analizadas en tres periodos diferentes (Figura 4), 420 presentaron diagnósticos de contaminaciones mercuriales, distribuidas así: el Ministerio de Minas y Energía en un período comprendido entre 1993 y 1995 a 176 personas se les analizaron muestras de cabello y uña, de las cuales resultaron positivas 158; CODECHOCO entre los años de 2009 y 2010, analizó a 201 personas muestras de cabello, resultando todas contaminadas y el IIAP analizó muestras de orina, sangre y cabello a 70 personas, resultando 61 contaminadas con mercurio, resultados que contribuirían a concluir que un gran número de personas dedicadas a la manipulación directa del mercurio en la cadena productiva minera podrían contener altas concentraciones de mercurio en su organismo.

CONCLUSIONES

De los anteriores resultados se concluye que el uso inadecuado del mercurio en los procesos de beneficio metalúrgico en la actividad minera en el Distrito Minero del San Juan, implica un alto riesgo para la salud de los mineros, además de otros actores que intervienen en la cadena productiva, sobre todo los comercializadores; incluso, los efectos contaminantes del mercurio se extienden a personas no activas en la minería por el alcance indirecto y sinérgico de los impactos que posiblemente

ocasiona la actividad en el recurso hídrico e íctico que es consumido por las comunidades del entorno presionado por la acción extractiva de metales preciosos. En estudios realizados en el río Condoto las concentraciones de mercurio detectadas por Mosquera-Lozano *et al.* (2005) en todas las muestras de las cuatro especies de peces analizadas, están relacionadas con la minería de oro desarrollada en el río Condoto, actividad que es el eje de la economía local y que vierte mercurio al río que poco a poco se acumula en los diferentes organismos acuáticos pasando de un nivel trófico a otro por medio de la cadena alimenticia.

Los comerciantes (compraventas) son quienes presentan mayores riesgos de contaminación mercurial, según los resultados obtenidos en los diferentes períodos de evaluación realizados por la División Regional de Minas, CODECHOCO y el IIAP, debido a la frecuente manipulación y sublimación de grandes cantidades de mercurio amalgamado con oro por más de dos décadas, a partir del procesamiento del oro que reciben de un número importante de mineros que hacen presencia en el Distrito Minero del San Juan.

RECOMENDACIONES

A corto plazo, es urgente la implementación de alternativas amigables con el medio ambiente y económicamente asequibles para los pequeños mineros, que les permita sustituir el uso del mercurio generando iguales o mayores utilidades en el proceso de beneficio, por ejemplo la utilización de plantas baboseas, que facilitan la separación del oro de la arena fina (jagua) en donde este se esconde por la diferencia de densidades.

Es importante el uso de medidas de protección personal como overoles, tapabocas y guantes, para evitar el contacto con la piel, la inhalación de los vapores de mercurio generados por la combustión de la amalgama y la implementación del uso de la retorta para reducir las pérdidas de mercurio liberadas a las fuentes hídricas y a la atmósfera por la inadecuada manipulación y no aplicación de procesos adecuados.

Aunque la pesca es una de las actividades realizadas en el Distrito Minero del San Juan sobre todo para el autoconsumo, se recomienda la reducción o no consumo de pescado para aquellas personas que presentan un alto riesgo de contraer intoxicaciones mercuriales (mineros, compraventas y joye-

ros) y las que habitan en comunidades asentadas sobre la ribera de fuentes hídricas altamente influidas por la actividad minera; se trata de evitar el consumo de los peces ubicados en los últimos lugares de la cadena alimentaria (depredadores).

Es de vital importancia que las personas vinculadas con la actividad minera y que manipulan directamente el mercurio, realicen periódicamente chequeos médicos y exámenes rutinarios que permita llevar un control sobre los niveles de mercurio en su organismo y evitar de esta manera llegar hasta el punto de sufrir intoxicaciones crónicas.

Se requiere que el sistema de salud departamental del Chocó diseñe una estrategia efectiva de prevención y atención a la población minera, introduciendo en el Plan Operativo de Salud, medidas diferenciales de tratamiento a las personas vinculadas en la cadena de minería, en razón al alto riesgo de afectación a la salud y el posible desconocimiento de esta temática en los centros de salud pública y privados de la región.

LITERATURA CITADA

- Barbieri, F. L., J. G. Amandine-Cournil. 2008. Mercury exposure in a high fish eating Bolivian Amazonian population with intense small-scale gold-mining activities. *Int J Environment Health Res.* 19 (4): 267-77.
- Barbieri, F. L., G. Jacques. 2009. Hair mercury levels in Amazonian populations: spatial distribution and trends. *Int J Health Geograph.* 8: 71.
- Bose-O'Reilly S., K. M. McCarty, N. Steckling, B. Lettmeier. 2010. Mercury Exposure and Children's Health. *NIH Public Access* 40 (8): 186-215.
- Córdoba, D. 2006. *Toxicología*. 5ª ed. Medellín: Manual Moderno; p 293-302.
- Foà, V., G. Bertelli. 1984. *Biological indicators for the assessment of human exposure to industrial chemicals*. Bruselas: Comunidades Europeas. p. 33, 38. En línea [octubre 27 de 2011] disponible en: <http://publicaciones.san.gva.es/publicaciones/documentos/V.4006-1993.PDF>
- Mancera-Rodríguez, N. J., R. Álvarez-León. 2006. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuicolas de Colombia. *Acta Biol Colomb.* 11 (1): 3-23.
- Ministerio de Minas y Energía, 2010. *Informe preliminar de la investigación del accidente fatal de 73 trabajadores sucedido el miércoles 16 de junio de 2010 en la Mina San Joaquín*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía
- Observatorios de Conflictos Mineros de América Latina OCMAL. *La amenaza de intoxicación por mercurio se eleva con el boom de la minería de oro*. En línea [octubre 27 de 2011]. URL disponible en: <http://www.conflictosmineros.net/contenidos/10-colombia/6600-la-amenaza-de-intoxicacion-por-mercurio-se-eleva-con-el-boom-de-la-mineria-de-oro>
- UPTC, INGEOMINAS, Ministerio de Minas y Energía. 2009. Convenio 062/08. Informe del estado actual de la minería en los municipios de Condoto e Istmina. p. 2
- Wirth, J. J., R.S. Mijal. 2010. Adverse Effects of Low Level Heavy Metal Exposure on Male Reproductive Function. *Syst Biol Reproduct Med.* 56:147-67.