

Contaminación por mercurio en humanos y peces en el municipio de Ayapel, Córdoba, Colombia, 2009

Mercury contamination in humans and fishes in the municipality of Ayapel, Córdoba, Colombia, 2009

Lisy Gracia H¹; José L. Marrugo N²; Erasmo M. Alvis R³.

¹ Bacterióloga, magíster en ciencias ambientales, especialista en microbiología médica, docente del Departamento de Bacteriología de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. Correo electrónico: lisygracia@hotmail.com, lisygracia@sinu.unicordoba.edu.co

² Ingeniero químico, PhD en ciencias químicas, docente del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. Correo electrónico: jlmarrugon@yahoo.es

³ Bacteriólogo, docente del Departamento de Bacteriología de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. Correo electrónico: manuelitoelgrande2009@hotmail.com.

Recibido: 28 de mayo de 2010. Aprobado: 29 de julio.

Gracia L, Marrugo JL, Alvis EM. Contaminación por mercurio en humanos y peces en el municipio de Ayapel, Córdoba, Colombia, 2009. Rev. Fac. Nac. Salud Pública 2010; 28(2): 118-124

Resumen

Objetivo: evaluar las concentraciones de mercurio total (Hg-T) en cabello de habitantes del municipio de Ayapel (Córdoba) y en peces capturados en la ciénaga de Ayapel. **Metodología:** se tomaron 112 muestras de cabello de la región occipital inferior a pobladores ribereños de la ciénaga de Ayapel mayores de 14 años y muestras de tejido muscular a siete especies de peces; estas fueron analizadas por espectrometría de absorción atómica por vapor frío después de digestión ácida. Se aplicaron encuestas sobre síntomas clínicos relacionados con intoxicación por mercurio, previa aceptación del consentimiento informado. **Resultados:** los resultados de mercurio total en cabello presentaron una media de $2,18 \pm 1,77$ $\mu\text{g/g}$ con valores entre

0,11 y 12,76 $\mu\text{g/g}$. El valor mas alto de Hg-T en peces lo presentó la especie carnívora *Sorubin cuspidus*, con concentración media de $0,74 \pm 0,19$ $\mu\text{g/g}$ de peso fresco, y la menor concentración, la especie iliófaga *Prochilodus magdalenae*, con $0,15 \pm 0,02$ $\mu\text{g/g}$ de peso fresco. **Conclusiones:** la población estudiada de Ayapel presentó concentraciones de mercurio superiores a las permitidas internacionalmente por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y síntomas acordes con tales niveles, lo que presumiblemente se debe al alto consumo de pescado contaminado con mercurio. -----**Palabras clave:** intoxicación por mercurio, pescado, cabello, Ayapel

Abstract

Objective: to assess the concentration of total mercury (Hg-T) in hair samples from inhabitants of the municipality of Ayapel (Córdoba) and in fishes captured in the Ayapel swamp. **Methodology:** a total amount of 112 hair samples were taken from the inferior occipital area of settlers of the Ayapel swamp who were over 14 years old, and samples of muscle tissue of seven species of fishes were also chosen. These samples were analyzed by means of spectrometry of atomic absorption through cold steam after acid digestion. Surveys on clinical symptoms related to poisoning by mercury were applied after the acceptance of the informed consent. **Results:** the total amount of mercury present in hair displayed an average of

2.18 ± 1.77 $\mu\text{g/g}$ with values between 0.11 and 12.76 $\mu\text{g/g}$. The highest value of Hg-T in fishes was identified in the carnivorous species *Sorubin cuspidus*, with an average concentration of 0.74 ± 0.19 $\mu\text{g/g}$, and the smaller concentration was found on the iliophagous species *Prochilodus magdalenae* with 0.15 ± 0.02 $\mu\text{g/g}$ of fresh weight. **Conclusions:** the population studied in Ayapel showed mercury levels above those internationally allowed by the USEPA. There were also signs and symptoms related to such mercury levels, which can probably be a consequence of the high consumption of fishes contaminated with mercury. -----**Key words:** mercury, fish, hair, Ayapel

Introducción

La evaluación mundial sobre el mercurio muestra que sus niveles ambientales han aumentado considerablemente desde el inicio de la era industrial. Actualmente está en todo el planeta, en diversas fuentes y alimentos (especialmente en peces), en niveles perjudiciales para los seres humanos y la vida silvestre. Es el metal no radioactivo existente con mayor toxicidad (1). Existe en gran variedad de formas, particularmente como compuestos orgánicos de mercurio (dimetilmercurio, fenilmercurio, etilmercurio y metilmercurio). El más conocido de todos es el metilmercurio, formado en el ambiente por metabolismo microbiano y por procesos abióticos (2). Este puede acumularse y biomagnificarse en la cadena alimenticia y en peces de agua dulce y salada, en concentraciones miles de veces mayores que las encontradas en las aguas donde habitan tales especies (3). El impacto de su acumulación en humanos, principalmente por la dieta, está plenamente ilustrado con la enfermedad de Minamata, una de las mayores tragedias ambientales de la historia (4). Las consecuencias de intoxicación masiva por mercurio son de carácter irreversible, y frenan el desarrollo sostenible al imposibilitar la utilización y comercialización de recursos contaminados, lo que además genera un invaluable deterioro social ligado al nacimiento de niños con malformaciones y retardo mental o psicomotor (5).

En Colombia, desde 1987 hasta 1997, se descargaron al ambiente 240 toneladas de mercurio (6). Aunque pocos estudios describen este problema a escala local en lo referente al daño producido a medios acuáticos, hay investigaciones en zonas mineras que muestran el impacto de la minería sobre tales ecosistemas (7).

Publicaciones recientes ponen en evidencia la contaminación con mercurio en peces en algunos cuerpos de agua de la región de La Mojana (8). En el mismo sentido, otros estudios mostraron concentraciones apreciables de mercurio en peces de la ciénaga de Ayapel y en la cuenca del río San Jorge, departamento de Córdoba (9).

En consecuencia, es importante evaluar las concentraciones de mercurio total en cabello humano y peces del municipio de Ayapel, pues a pesar de su presencia en diferentes compartimentos ambientales, en la región no se conocen estudios sobre la exposición humana al mercurio por la ingesta de pescado contaminado.

Metodología

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal con habitantes mayores de 14 años, para lo cual se calculó la muestra mediante el paquete estadístico SPSS, versión 15. De una población que asciende a 22.657 habitantes (DANE, 2003), se escogieron las unidades muestrales me-

dante muestreo aleatorio simple en noviembre del 2007 y abril del 2008. Se seleccionó una muestra de 112 personas mayores de 14 años, constituida por 95 mujeres y 17 hombres, con nivel de confianza de 95% y error permisible de 5%, además de un grupo control de 20 personas residentes en el municipio de Montería para comparar los resultados. Las muestras de cabello se recolectaron de la región occipital inferior cortando muy cerca al cuero cabelludo (10). El cabello se fijó en papel con cinta adhesiva identificando su zona proximal y distal con respecto al cuero cabelludo y se guardó en un sobre de papel (11). Luego se transportó al laboratorio, donde se lavó con detergentes neutros, se enjuagó posteriormente con agua destilada y se secó al aire a temperatura ambiente (12); finalmente se almacenó en desecador hasta su posterior análisis. Conjuntamente con la recolección del cabello, a cada individuo se le aplicó un cuestionario para obtener información sobre edad, sexo, ocupación, hábitos alimentarios y posibles síntomas asociados con contaminación mercurial, previa aceptación del consentimiento informado.

Las muestras de peces se recolectaron en la ciénaga de Ayapel con pescadores locales. Las especies seleccionadas fueron las que se consideran más importantes en la ciénaga por su abundancia y consumo. Después de medir la talla, se procedió a extraer la muestra de tejido muscular, siguiendo el procedimiento descrito por el Unep/Ioc/IAEA/Fao (1990) (13). Las muestras de músculo se depositaron en bolsas de polietileno almacenadas a -4 °C hasta su posterior análisis.

Zona de estudio

El municipio de Ayapel, con extensión territorial de 1.959,82 km², forma parte de la subregión del San Jorge en Córdoba. Está ubicado en la parte más oriental del departamento y su mayor atractivo es la ciénaga de Ayapel, la mayor reserva hidrobiológica de Córdoba, de la cual depende la subsistencia de sus pobladores. La ciénaga está localizada en el noroccidente de Colombia (8° 17' - 8° 24' N y 75° 4' - 75° 9' W), sobre un área aproximada de 150 km², a 25 metros por encima del nivel del mar y a 25 Km de la zona minera con la más alta producción de oro en el país (sur de Bolívar y noreste de Antioquia), donde el mercurio es utilizado para extraer el metal. La ciénaga está situada en la cuenca del río San Jorge, con minería extensiva de níquel aguas arriba, así como también con importantes explotaciones auríferas en la parte alta del río San Pedro, sobre la misma cuenca. El promedio anual de precipitación es de 2.260 mm, con temperatura promedio de 27 °C.

Análisis de mercurio total (Hg-T) en cabellos y peces

El análisis de mercurio en las diferentes matrices fue realizado mediante la técnica de espectroscopía de ab-

sorción atómica con vapor frío, de acuerdo al procedimiento descrito por Sadiq (14), previamente validado en el laboratorio de aguas de la Universidad de Córdoba. Para ello se utilizó un equipo de absorción atómica Thermo electron, modelo S4, provisto de una celda de vidrio con ventana de cuarzo. Las muestras extraídas fueron digeridas utilizando una mezcla de H₂SO₄-HNO₃ 2:1 v/v a una temperatura de 100-110 °C durante 3 y 2 horas para peces y cabello respectivamente, utilizando en el proceso cantidades diferentes de muestras, para el análisis de peces (0,5 g) y de cabello (30-50 mg). El límite de detección (3 desviaciones estándar del promedio de 10 soluciones blanco) fue de 14 ng/g para peces y de 100 ng/g para cabello. El control de calidad del método se hizo con material certificado de referencia. Para peces, la concentración de Hg-T encontrada en el material certificado DORM-2 (Dogfish muscle, National Research Council, de Canadá) fue de 4,54 ± 0,05 µg/g (valor certificado 4,64 ± 0,26 µg/g). Para cabello, la concentración de Hg-T en el material de referencia CRM-397 del BCR (Community Bureau of Reference) fue de 11,8 ± 0,31 (valor certificado 12,3 ± 0,5 mg/Kg). El porcentaje de recuperación en los materiales de referencia DORM-2, y CRM-397 fue de 97,8 y 95,9% respectivamente. Los resultados de Hg-T fueron expresados en µg/g.

Análisis estadístico

El resultado del análisis para cada muestra se presenta como el promedio de las desviaciones estándares de las muestras analizadas por duplicado. Se utilizó ANOVA y el test Student Newman Keuls para determinar las diferencias entre más de dos promedios de muestras. Mediante el análisis de correlación lineal de Pearson, se establecieron correlaciones entre la concentración de mercurio y el número de días por semana de consumo de pescado. El análisis estadístico fue realizado con el programa SPSS, versión 15, con nivel de significancia de $p < 0,05$.

Resultados

Los resultados de mercurio total en cabello de la población de Ayapel comparados con la población control de Montería presentaron diferencias estadísticas. El test Student Newman Keuls mostró que los niveles promedio de mercurio total en cabello de la población de Ayapel están por encima del límite aceptado internacionalmente de 1 µg/g, mientras que los resultados de la población control de Montería se encuentran dentro de los límites permitidos, con valor de significancia $< 0,001$ (tabla 1).

Tabla 1. Concentración de mercurio total en cabello de la población de Ayapel y la población control.

Municipio	Mercurio total µg/g		Prueba para Hg-T H ₀ : µ = 1
	Promedio ±	Mínimo-máximo	
Ayapel	2,18 ± 1,77	0,11-12,7	7,11*
Montería (control)	0,29 ± 0,12	0,14-0,6	-24,95*

Según el análisis de varianza a un nivel de significancia de 5%, no hubo diferencia estadística significativa del promedio de Hg-T entre sexos, corroborado por el test Student Newman Keuls ($t = 0,20$ $p = 0,84$) en 95 individuos de sexo femenino ($2,17 ± 1,78$ µg/g) y 17 de sexo masculino ($2,26 ± 1,76$ µg/g) de la población de Ayapel.

La figura 1 muestra una correlación altamente significativa ($p < 0,01$), entre las concentraciones de Hg-T en cabello y el número de días de consumo de pescado a la semana. Dentro de la población estudiada, un individuo (sexo femenino) presentó una concentración de mercurio total en cabello ($12,76$ µg/g Hg-T) considerada atípica con respecto al promedio obtenido en el resto de individuos.

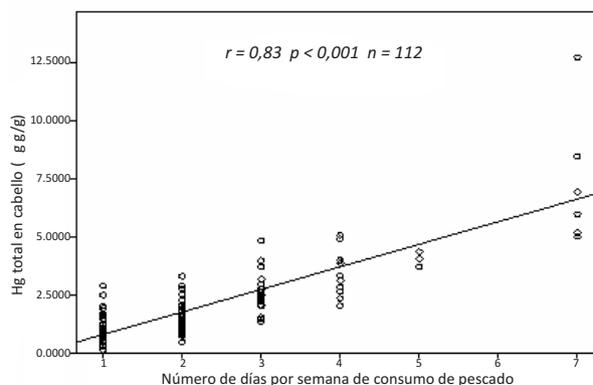


Figura 1. Correlación lineal entre el contenido de mercurio total en cabello y el número de días por semana de consumo de pescado en Ayapel.

En la tabla 2 se presenta la frecuencia en porcentaje de los síntomas asociados con contaminación mercurial encontrados en la población de Ayapel y los promedios de Hg-T en cabello; los síntomas que más predominaron fueron cefalea (83,0%), seguida de falta de energía (75,0%), nerviosismo o estado irritable (69,6%) y preocupación en exceso (62,5%), entre otros.

Tabla 2. Frecuencia en porcentaje y valores promedios de mercurio total en cabello por síntomas en la población de Ayapel.

Síntomas	Ayapel	
	Hg-T ($\mu\text{g/g}$)	%
Cefalea	2,15	83,0
Falta de energía	2,17	75,0
Irritabilidad o nerviosismo	2,25	69,6
Preocupación excesiva	2,22	62,5
Tristeza o alegría sin motivo	2,19	58,9
Lagrimo	2,02	50,9
Sudoración fácil	2,32	50,0
Vértigo	2,13	48,2
Opresión en el pecho	2,12	47,3
Falta de concentración	2,22	46,4
Insomnio	2,12	44,6
Hormigueo en las manos	2,21	37,5
Pérdida de memoria	1,90	47,3
Problemas de visión	1,86	35,7
Náuseas	2,19	28,6
Reacciones alérgicas	2,04	32,1
Alteración de presión arterial	2,09	30,4
Aumento de la salivación	2,13	25,0
Sangrado de encías	2,45	24,1
Temblor en los dedos	2,50	30,4
Inflamación de las encías	2,30	18,6
Sabor metálico	2,20	28,6
Parálisis facial	0,84	0,89
Problemas auditivos	1,44	17,9
Temblores en las manos	2,30	16,1
Úlceras bucales	1,62	14,3
Confusión de colores	2,27	18,8

En la tabla 3 se resumen los resultados obtenidos para las diferentes especies ícticas de la ciénaga de Ayapel. Se observa que de los 45 peces recolectados, el *Sorubín cuspidatus* (blanquillo) presentó la concentración más alta de Hg-T ($0,743 \pm 0,197 \mu\text{g/g}$) y el *Prochilodus magdalenae* (bocahico) la más baja ($0,151 \pm 0,023 \mu\text{g/g}$). La relación entre la concentración de mercurio total y la longitud estándar de las especies ícticas reflejó una correlación lineal altamente significativa ($r = 0,66$; $p < 0,01$). Los promedios de mercurio total de las especies no carnívoras *Prochilodus magdalenae* (bocahico) y *Leporinus muyscoruma* (liseta) no presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí ($p = 0,05$), pero cuando se compararon con el resto de especies ícticas, sí presentaron diferencias ($p > 0,05$).

Discusión

La concentración media de Hg-T en cabello de los habitantes de la zona en estudio, superior a las permisibles internacionalmente de $1 \mu\text{g/g}$ (15), comparada con el grupo control de la ciudad de Montería, se debe posiblemente a que la población de Ayapel presenta mayor frecuencia de consumo de pescado contaminado con mercurio proveniente de la ciénaga, mientras que el grupo control encuestado ingiere pescado que proviene de cuerpos de aguas diferentes. Además, sus hábitos alimentarios son variados y el principal aporte de proteínas de su dieta está basado en la ingesta de otros alimentos. Estos resultados también muestran valores mayores a los encontrados en sitios costeros de Norteamérica, como la bahía de Fundy (Nueva Brunswick) en Canadá (16), pero menores a los reportados por Olivero ($4,91 \pm 0,55 \mu\text{g/g}$) en el municipio de Caimito (Sucre) (5).

No se presentaron diferencias estadísticamente significativas de Hg-T en cabello entre géneros. Lo anterior concuerda con estudios previos que también demostraron que el sexo tiene poca probabilidad de ser un factor determinante en la acumulación de Hg en cabello (5, 17).

La concentración de mercurio en cabello y el número de días de consumo de pescado muestran una correlación lineal, lo cual es consistente con los niveles de Hg-T hallados en los peces que constituyen la base alimenticia de los habitantes de esta zona, lo cual se refleja, en última instancia, en las altas concentraciones de mercurio total en el cabello de los consumidores.

Investigaciones realizadas en la costa Caribe colombiana reportaron una relación estadísticamente significativa ($p = 0,005$) entre los niveles de mercurio total en cabello y el consumo de pescado (18). En este estudio, la mayor frecuencia de consumo de pescado semanal encontrada para el grupo de los pescadores coincide con la concentración media más alta de mercurio total en cabello. Ello permite pensar que sí existe relación direc-

ta entre concentración de Hg-T y frecuencia de ingesta semanal y diaria de pescado contaminado. Esto tendría aplicación práctica, pues al disminuir la frecuencia de

consumo de peces contaminados también disminuiría la concentración de Hg-T en los individuos de la población.

Tabla 3. Concentraciones de Hg-T en peces capturados en la ciénaga de Ayapel.

Nombre común	Nombre científico	Hábito	n	Hg-T ($\mu\text{g/g}$)		Rango longitud (cm)
				Media \pm de	Mínimo-máximo	
Bagre pintao	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	C	7	0,510 \pm 0,075	0,415-0,619	31,0-39,0
Blanquillo	<i>Sorubin cuspicaudus</i>	C	6	0,743 \pm 0,197	0,415-1,026	31,5-41,0
Mojarra amarilla	<i>Petenia kraussi</i>	C	10	0,283 \pm ,0,01	0,233-0,347	13,0-24,0
Moncholo	<i>Hoplias malabaricus</i>	C	4	0,457 \pm ,0,125	0,368-0,545	29,5-35,0
Pacora	<i>Plasgioscion surinamensis</i>	C	6	0,684 \pm ,0,199	0,507-1,071	21,0-61,0
Bocachico	<i>Prochilodus magdalenae</i>	NC	9	0,151 \pm 0,023	0,108-0,190	17,0-25,0
Liseta	<i>Leporinus muyscoruma</i>	NC	3	0,222 \pm 0,030	0,188-0,245	30,0-38,0
Total			45	0,416 \pm ,0,245	0,108-1,071	13,0-61,0

n: número de peces; C: carnívoros; NC: no carnívoros

Es significativo el hecho de que en la población estudiada, un individuo de sexo femenino presentó una concentración atípica de mercurio total en cabello con frecuentes síntomas compatibles con intoxicación por exposición al mercurio, como dificultad para conciliar el sueño, nerviosismo o irritabilidad, tristeza o alegría sin motivos aparentes, pérdida de la memoria, falta de concentración, temblor distal de los dedos de las manos, hormigueo en las extremidades y, casi siempre, cefalea con visión borrosa. Esta persona frecuentemente consume pescado, hasta tres veces al día, durante los siete días de la semana.

Entre los síntomas más frecuentes en la población en estudio se encontraron cefalea, falta de energía, irritabilidad, preocupación en exceso, tristeza o alegría sin motivo, lagrimeo y sudoración fácil, todos ellos en individuos con promedio de mercurio total superior a 2 $\mu\text{g/g}$ y con frecuencias porcentuales de síntomas superiores a 50%. Esta sintomatología probablemente se debe al consumo de pescado contaminado con mercurio, lo cual indica que la ingesta de pescado entre los pobladores ribereños constituye riesgo de intoxicación por mercurio, con el cual pueden estar asociadas diferentes patologías neurológicas manifestadas por medio de los síntomas encontrados en la población estudiada. No obstante, es preciso realizar evaluaciones neurosicológicas de mayor rigor para evaluar en detalle esta observación y descartar otras entidades de base que puedan estar produciendo los mismos síntomas.

Existe evidencia preliminar que sugiere que el consumo de pescado contaminado con mercurio en Colom-

bia está afectando a la población humana. En consonancia con lo anterior, los principales síntomas encontrados en diferentes grupos ocupacionales en una zona de minería aurífera en el norte de Colombia fueron cefalea, pérdida de la memoria, irritabilidad, gusto metálico y temblor en las manos (17).

Los resultados de la concentración de mercurio total en las especies ícticas, de mayor a menor, fueron: blanquillo > pacora > bagre pintao > moncholo > mojarra amarilla > arenca > liseta > bocachico, lo cual muestra que el contenido de mercurio en las diferentes especies ícticas depende de sus hábitos alimentarios; ello implica que existe riesgo importante de ingestión de mercurio para los humanos, en particular para aquellas familias cuya única fuente de proteínas la constituye el consumo de pescado.

La más baja concentración de mercurio total en los especímenes capturados en la ciénaga de Ayapel lo presentó la especie *Prochilodus magdalenae* (bocachico), que por sus hábitos iliófagos está ubicado en una posición trófica en la cadena alimenticia acuática más baja, en relación con el *Sorubin cuspicaudus* (blanquillo), pez carnívoro que presentó el valor más alto.

Del total de especies ícticas (45), 19 (42,2%) superaron la concentración máxima permisible de 0,5 $\mu\text{g/g}$ establecida por la Organización Mundial de la Salud como segura para el consumo humano (19). Todas ellas son especies carnívoras. Sin embargo, para proteger a la población vulnerable (menores de 15 años, mujeres embarazadas y consumidores frecuentes), la misma organización ha establecido un límite de 0,2 $\mu\text{g/g}$, por lo que el

número de especímenes sobre este nuevo límite aumentó a 36 (80%), incluidos especímenes de especies no carnívoras. No obstante, se ha reportado que el consumo frecuente de pescado con niveles de Hg-T por debajo de este límite ($0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) está asociado a riesgo cardíaco en adultos y retraso motor en niños (20).

El problema puede estar en la fuente de proteínas para los pescadores y sus familias, quienes están en grave riesgo de intoxicación mercurial por su posición en lo más alto de la cadena trófica y por la alta ingesta de peces en su dieta habitual, entre las que se encuentran especies depredadoras.

En un estudio similar a este, realizado en Surinam, los niveles de mercurio en peces depredadores en el río Commewijne promediaban cerca de $0,5 \text{ ug/g}$, justo en el umbral de seguridad para el consumo de pescado. Un 33% de los peces depredadores excedían la concentración máxima permisible de la OMS; ninguno de los peces no carnívoros muestreados tenía ese nivel de contaminación (21). Asimismo, en un estudio realizado en el río Napo, encontraron mayor concentración de mercurio en peces piscívoros ($0,36 \text{ ug/g}$) que en peces herbívoros ($0,05 \text{ ug/g}$) (22).

La correlación lineal altamente significativa entre la concentración de mercurio total y la longitud estándar de las especies ícticas evidencia la bioacumulación de mercurio, en la cual los peces de mayor tamaño o más edad presentan mayores concentraciones del contaminante debido a un tiempo más largo de exposición, en comparación con los más jóvenes o de menor longitud. Estudios semejantes a los de este trabajo realizado en la ciénaga de Ayapel han indicado que contaminantes como el mercurio aumentan sus niveles según el tamaño y la edad del pez (9): generalmente, en una misma especie, los peces de mayor edad o tamaño muestran mayores niveles de mercurio total que los especímenes más jóvenes, como consecuencia de un mayor tiempo de exposición al contaminante (23).

Conclusiones

El estudio demuestra que existe riesgo para la salud del ser humano por el consumo de peces pertenecientes a ciertas especies, obtenidos de la ciénaga de Ayapel. Esto se refleja en el contenido de mercurio total en cabello por encima de los valores permisibles internacionalmente, el cual aumentó con la frecuencia de la ingesta de peces carnívoros, por lo que el consumo de pescado por parte de la población estudiada constituye un riesgo de intoxicación por mercurio. Sin embargo, no puede descartarse que factores como la inhalación y el contacto con mercurio que se generan durante la explotación de este mineral cumplan un papel importante dentro de la contaminación de los humanos.

Por otra parte, las concentraciones relativamente altas de mercurio encontradas en peces recolectados en la ciénaga de Ayapel pueden tener su origen, no solo en el transporte acuático de mercurio asociado con los sedimentos y la materia orgánica, sino en la exposición atmosférica del mercurio generada durante el proceso de extracción artesanal del oro en las zonas mineras del sur de Bolívar, norte de Antioquia y en la parte alta de la cuenca del río San Jorge (departamento de Córdoba), además de la minería del níquel, localizada en el municipio de Montelíbano, donde se desarrollan actividades que pueden liberar mercurio al ambiente, como son la remoción de la corteza terrestre y la quema de combustibles fósiles (carbón) (24). Preocupa también, que el incremento de los precios internacionales del oro, asociados con la difícil situación socioeconómica de la región, han conllevado a que en la parte sur de la ciénaga se estén abriendo frentes de explotación de este mineral. Todos estos factores pueden influir en la contaminación con mercurio, incrementando sus niveles en la ciénaga de Ayapel.

Recomendaciones

Además del uso de los biomarcadores de control de mercurio, se deben dirigir esfuerzos al monitoreo y evaluación a fin de buscar signos de impacto crónico, como pruebas neuropsicológicas que permitan tener mejor conocimiento del efecto que puede estar ocasionando este tóxico sobre la salud. Esto facilitará realizar diagnósticos tempranos, develando casos insospechados de intoxicación mercurial que no son detectados con el examen médico tradicional. Es el caso de las secuelas en la población infantil, producto de madres embarazadas expuestas a pequeñas dosis por largo tiempo, que no manifiestan signos ni síntomas clínicos muy evidentes aunque hayan sufrido genotoxicidad por mercurio.

También es muy importante continuar con los programas para educar a la población sobre los peligros del mercurio, enfatizando los riesgos en la salud a corto y largo plazo, e informar a las entidades encargadas de la administración y de la salubridad pública y ambiental, como la Gobernación de Córdoba, la Secretaría de Desarrollo de la Salud y La Corporación Autónoma regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS) sobre los impactos del mercurio para atender el problema en estas comunidades, así como de la necesidad de que la población vulnerable tenga acceso a otras fuentes de proteínas diferentes al pescado.

Agradecimientos

A la Universidad de Córdoba por su apoyo financiero y a los pobladores ribereños de la ciénaga de Ayapel que participaron en este estudio.

Referencias

- 1 Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Productos Químicos. Evaluación Mundial sobre el mercurio. Programa sobre el mercurio. Ginebra: PNUMA; 2005.
- 2 Lindberg S, Wallschläger D, Prestbo E, Bloom N, Price J, Reinhardt D. Methylated mercury species in municipal waste land-fill gas sampled in Florida, USA. *Atmospheric Environ* 2001; 35: 4011-4015.
- 3 Johansen P, Mulvad G, Sloth H, Hansen J, Riget F. Human accumulation of mercury in Greenland. *Sci Total Environ* 2007; 377: 173-178.
- 4 Magos L, Clarkson TW. Overview of the clinical toxicity of mercury. *Ann Clin Biochem* 2006; 43:257-268.
- 5 Olivero J, Jhonson B, Arguello E. Human exposure to mercury due to fish consumption in San Jorge river basin, Colombia (South America). *Sci Total Environ* 2002; 289: 41-47.
- 6 Malm, O. Gold mining as a source of mercury exposure in the Brazilian Amazon. *Environ Res Section A* 1998; 77 (2): 73-78.
- 7 Olivero J, Johnson B, Mendoza C, Paz R, Olivero R. Mercury in the aquatic environment of The Village of Caimito at The Mojana Region, North of Colombia. *Water Air Soil Pollut* 2004; 159: 409-420.
- 8 Marrugo J, Olivero J, Ceballos E, Benites L. Total mercury and methylmercury concentrations in fish from the Mojana region of Colombia. *Environ Geochem Health* 2008; 30:21-30.
- 9 Marrugo J, Lans E, Benítez L. Hallazgo de mercurio en peces de la ciénaga de Ayapel, Córdoba, Colombia. *Rev. MVZ Córdoba* 2007; 12(1): 878-886.
- 10 Peixoto A, Cernichiari E. Longitudinal hair mercury concentration in riverside mothers along the upper Madeira river (Brazil). *Environ. Res. Section A* 1998; 77:79-83.
- 11 Podlesky E, Ortiz Y. Determinación de trazas de metales en muestras biológicas y ambientales: manual de procedimientos. Bogotá: Sanidad del Ambiente, Instituto Nacional de Salud; 1992.
- 12 Batista J, Schuhmacher M, Domingo J, Corbella J. Mercury in hair for a child population from Tarragona Province, Spain. *Sci. Total Environ* 1996; 93(2):143-148.
- 13 UNEP/IOC/IAEA/FAO. Contaminant monitoring programmes using marine organisms: Quality Assurance and Good Laboratory Practice. Reference Methods for Marine Pollution Studies 1990; 57.
- 14 Sadiq M, Zaidi T, Al-Mohana M. Sample weight and digestion temperature as critical factors in mercury determination in fish. *Bull Environ Contam Toxicol* 1991; 47:335-341.
- 15 United States Environmental Protection Agency. Mercury Study Report to Congress. U.S.A: EPA; 1997.
- 16 Legrand M, Arp P, Ritchie C, Chan HM. Mercury exposure in two coastal communities of the Bay of Fundy, Canada. *Environ Res* 2005; 98:14-21.
- 17 Olivero J, Mendoza C, Mestre J. Hair mercury levels in different occupational groups in Southern Bolivar in Columbia. *Rev Saude Pública* 1995; 29:376-380.
- 18 Olivero J, Johnson B, Baldiris R, Güette J, Magallanes E, Vanegas L, *et al.* Human and crab exposure to mercury in the Caribbean coastal shoreline of Colombia: Impact from an abandoned chlor-alkali plant. *Environ Int.* 2008; 34: 476-482.
- 19 World Health Organization. Environmental Health Criteria 101 (IPCS). Methylmercury. WHO: Geneva; 1990.
- 20 Auger N, Kofman O, Kosatsky T, Armstrong B. Low level methylmercury exposure as a risk factor for neurologic abnormalities in adults. *Neurotoxicology* 2005; 26: 149-157.
- 21 Quik J, Ouboter P. Monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del Commewijne, Surinam. Paramaribo. Surinam: Centro de Investigación Ambiental de la Universidad Antón de Kom de Surinam; 2000.
- 22 Webb J, Mainville N, Mergler D, Lucotte M, Betancourt O, Davidson R, *et al.* Mercury in Fish-eating Communities of the Andean Amazon, Napo River Valle, Ecuador. *Ecohealth* 2004; 1: 59-71
- 23 Burgess N, Hobson K. Bioaccumulation of mercury in yellow perch (*Perca flavescens*) and common loons (*Gavia immer*) in relation to lake chemistry in Atlantic Canada. *Hydrobiologia* 2006; 567: 275-282.
- 24 Instituto de Investigación e Información geocientífica Minero-Ambiental. Inventario Minero nacional, Departamento de Córdoba. Bogotá: INGEOMINAS; 2000. p. 52.