



Universidad del
Rosario

Evaluación de la exposición a mercurio y efectos neurológicos en la población expuesta del municipio de Nechí de Colombia.

Investigador principal

Jenny Lessette Páez Pira

Ella Maria Mazuera Polanco

Angelica Constanza Quintero Jimenez

**Trabajo presentado como requisito para optar por el
título de Especialista en Salud y Seguridad en el Trabajo
Universidad del Rosario**

Bogotá, 2023

Evaluación de la exposición a mercurio y efectos neurológicos en la población expuesta del municipio de Nechí de Colombia.

Estudiante(s):

Jenny Lessette Páez Pira

Ella Maria Mazuera Polanco

Angelica Constanza Quintero Jimenez

Asesor temático

Dra. Marcela Eugenia Varona Uribe

Asesor metodológico:

Dr. Daniel Buitrago

**Nombre del programa
Universidad del Rosario**

Bogotá D.C., 2023

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A MERCURIO Y EFECTOS NEUROLÓGICOS EN LA POBLACIÓN EXPUESTA DEL MUNICIPIO DE NECHÍ DE COLOMBIA.

Jenny Lessette Páez Pira, Ella María Mazuera Polanco, Angelica Constanza Quintero, Marcela Eugenia Varona Uribe.

RESUMEN:

Introducción: El mercurio es una sustancia química ampliamente empleada en la industria minera, lo cual conlleva a que la población expuesta de forma ocupacional y/o ambiental puedan desarrollar alteraciones neurológicas que afectan su calidad de vida y la productividad laboral.

Objetivo: Determinar la exposición a mercurio y efectos neurológicos en la población expuesta del municipio de Nechí, Colombia.

Materiales y métodos: Se realizó un estudio de tipo descriptivo transversal en personas con exposición ocupacional o ambiental en Nechí, Antioquía. Se llevaron a cabo mediciones de mercurio en muestras biológicas y mediante una encuesta se realizó una caracterización de las variables de interés. Se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión y se evaluaron diferencias estadísticamente significativas.

Resultados: Se incluyeron 104 personas con un promedio de edad de $47,9 \pm 1,7$ años. El 59,5% de los individuos tenían exposición ocupacional y el 40,5% ambiental. De la población estudiada se encontró que el 86,9% de los participantes tenían niveles de mercurio superiores al valor de referencia. En cuanto a los hábitos alimenticios se reportó una diferencia estadísticamente significativa respecto al consumo de pescado (especies carnívoras o no carnívoras) entre la población con exposición ocupacional y ambiental ($p=0,039$) y el área de procedencia del pescado, siendo mayor de áreas afectadas por la minería y por la agricultura ($p= 0,024$). Las manifestaciones clínicas referidas con mayor frecuencia fueron temblores, cefaleas, mala memoria, irritabilidad y menor fuerza muscular.

Conclusión: El control de los efectos en salud y en el ambiente en exposición a mercurio supone un gran reto para las entidades gubernamentales, Colombia es uno de los países con mayor contaminación por mercurio en el mundo y en Nechí la minería es una de sus principales actividades económicas y como consecuencia de esto hay una contaminación importante del ecosistema.

Palabras claves: Mercurio, intoxicación, Minería, Nechí Antioquia, Exposición ocupacional y ambiental, alteraciones neuropsicológicas.

INTRODUCCION

En Colombia las actividades mineras han cumplido un papel fundamental en el desarrollo económico, social e institucional del país. Fue Simón Bolívar en la época de la Republica quien el 24 de octubre de 1829 Dicta el decreto de Quito sobre la conservación y propiedad de las minas que ayudó a reglamentar la actividad minera y de esta forma se convirtió en el pilar del actual derecho minero.

El sector minero colombiano se caracteriza por la producción principal de carbón, níquel, esmeraldas, oro y materiales de construcción, en diversas regiones como Antioquia y Caldas que produce metales preciosos, Cundinamarca y Boyacá en explotación de esmeraldas, en el interior del país, en la Guajira y el Cesar en la producción de carbón y materiales de construcción, arcilla y caliza. En varias zonas del país esta actividad ha sido transmitida de generación en generación y se encuentra bastante arraigada a la cultura de las personas que la practican. Según la Iniciativa de Transparencia de las Industrias Extractivas (EITI), se estima un total de aportes de la industria a la economía colombiana de aproximadamente 26,9 billones para el año 2019 y de alrededor del 11.6 % del PIB (Producto Interno Bruto) de la nación. En consonancia con el reporte del DANE 2023, la explotación de minas y canteras creció 3,8% con respecto al 2022 y contribuyó 0,2 puntos porcentuales a la variación anual. (Reporte PIB, información II trimestre 2023, DANE)

Actualmente en el país se cuenta con minera de alta, moderada y pequeña escala, esta última es la más numerosa cuando se habla en unidades de producción, pero es la que más cuenta con deficiencias en su desempeño, debido a los bajos conocimientos sobre los recursos y las reservas, que impactan de forma negativa la planificación, los elevados costos y transacción y un limitado uso de tecnología para los procesos de obtención del material. (Política Minera de Colombia,2016).

Sumado a esta actividad minera de varias escalas y estándares de producción y manejo ambiental, no se puede dejar de tener en cuenta la minería ilegal cuyo impacto en las diferentes matrices ambientales, con posibles efectos sobre la salud humana y el ecosistema es bien conocido y constituye un factor de riesgo de la seguridad alimentaria de los mineros, su familia y la población circundante a las minas.

El mercurio es un metal ampliamente usado en diversos sectores industriales, agropecuarios y mineros como por ejemplo en la extracción de oro, se encuentra presente de forma natural en el ambiente en concentraciones que no perjudican la vida humana, sin embargo, al manipularse por sus propiedades fisicoquímicas pueden generar una biotransformación y biomagnificación por la cadena trófica que afectan el ecosistema y todo lo que hay dentro de este, como peces y crustáceos utilizado como alimento de la población. En los lugares de quema de la amalgama que por lo regular es en la vivienda de los mineros o en zonas aledañas, las concentraciones de mercurio en el ambiente son peligrosamente elevadas y pueden superar el límite fijado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la exposición de las personas ($1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (OMS 2013), causando no solo un riesgo

potencial para el trabajador ocupacionalmente expuesto sino para toda la población en general, generando impactos al medio ambiente de niveles incalculables. Esto debido a los mecanismos poco tecnificados y con pocas medidas de control gubernamental (en lo referente a lo laboral, salubridad y ambiental) (La Rotta Latorre, 2017).

En la intoxicación crónica por mercurio, este compuesto toxico se deposita en estructuras anatómicas como tiroides, hígado, cerebro y riñones, generando manifestaciones clínicas como temblores, hipertiroidismo, taquicardia, gingivitis, cambios de comportamiento, pérdida de memoria, delirios y alucinaciones. (Clarkson, T. W,2003). También puede haber daño renal por exposición crónica al mercurio, con efectos no siempre reversibles e incluso en el caso de las embarazadas, los compuestos orgánicos como el metilmercurio pueden causar efectos teratogénicos graves específicamente a nivel neuronal (Glomski et al., 1971, Barregård et al., 1999, Haouem et al., 2007, Antonini et al., 2009).

El presente estudio determinó la exposición a mercurio y los efectos neurológicos en la población expuesta del municipio de Nechí, Colombia.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó un estudio descriptivo transversal en el municipio de Nechí del departamento de Antioquia (Colombia), en la población ocupacional y ambientalmente expuesta a mercurio por las actividades mineras de la zona para determinar la exposición a mercurio y los efectos neurológicos.

Se entiende por población ocupacionalmente expuesta la dedicada a la actividad minera, quienes por su trabajo manipulan metales, por lo que su exposición es directa (población trabajadora) y la ambientalmente expuesta es la que se expone de forma indirecta a través matrices ambientales como son aire, agua, suelos y alimento (población general).

Se calculó un tamaño de muestra mínimo para estudios descriptivos transversales en el aplicativo Open Epi, utilizando la población de Nechí (Antioquia), según los datos poblacionales ofrecidos por el DANE (2005) la cual era de 20.668 habitantes. La frecuencia del estudio fue del 30.3%, que corresponde a la proporción de individuos ambiental y ocupacionalmente expuestos con niveles de mercurio cabello que superan los límites permisibles, según estudio llevado a cabo por parte del Ministerio de Salud en el departamento de Antioquia. Se tomó el mercurio como químico de referencia, dada la importancia de este como contaminante ambiental en Colombia (Min Salud, 2018, p. 7). El

error aceptable definido por el equipo de investigación fue del 5%, con un índice de confianza del 95%. Se incluyeron un total de 104 participantes seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico, sin embargo, en el 19.2% no se contó con la disponibilidad de la muestra de cabello para determinar la concentración de mercurio, por lo cual se presentan los datos de 84 individuos en total.

El acercamiento a esta población se realizó a través de la secretaria de Salud Municipal y se llevó a cabo la selección de la población a la cual se le explicó sobre el estudio, los objetivos y los beneficios de participar en este.

Para el estudio se tuvo en cuenta como variable dependiente los indicadores de exposición de mercurio en muestra de cabello y como variables independientes las laborales (oficio actual, tiempo en el oficio, antecedente de trabajo en actividades mineras, tipo de minería, horas de exposición al día), ambientales (residencia en área de minería, vivienda cerca a sitios), hábitos alimenticios (consumo de pescado, fuente de donde proviene el agua, cantidad, frecuencia y tipo de pescado), clínicas (signos y síntomas neurológicos), toxicológicas (condición de fumador y consumo de alcohol, intoxicación previa con metales pesados) y sociales y demográficas (edad, sexo, municipio, área, escolaridad, afiliación al SGSSS, estado civil).

Se incluyeron en el estudio adultos de cualquier edad mayores de 18 años, sexo, grupo étnico y mujeres embarazadas, población expuestas ocupacional y ambientalmente que llevaran al menos seis meses utilizando mercurio o viviendo en la zona rural y urbana. De igual forma se excluyeron aquellos individuos que hayan presentado alguna enfermedad neurológica como epilepsia, Parkinson, evento cerebro vascular o trastornos mentales como esquizofrenia o alteración bipolar y aquellas personas que no firmaran el consentimiento informado.

Se aplicó a todos los individuos seleccionados una encuesta mediante formularios adaptados del instrumento de evaluación en salud del Global Mercury Project (Veiga M, 2004). Adicionalmente se aplicó otro formulario con preguntas para evaluar la presencia de algunos síntomas relacionados con el efecto tóxico de mercurio.

De igual forma se identificaron los niveles de mercurio en muestras biológicas de cabello en la población expuesta, para ello a cada participante previa explicación de los procedimientos y firma del consentimiento informado, se le tomó una muestra de cabello de la región occipital del cuero cabelludo, a cargo de médicos/bacteriólogos/enfermeros. Las

determinaciones fueron analizadas por ICP-MS en el Laboratorio de ICP-MS (Espectrómetro de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente) del Departamento de Química de la Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro en Brasil.

Se llevó a cabo un estudio piloto en un 10% del total de la muestra de individuos, aplicando el formulario a través de llamadas telefónicas, en la que tres de los investigadores del estudio, que estaban capacitados para esta actividad, hicieron las preguntas a un total de 10 personas. Estos participantes no formaron parte de la población muestra seleccionada en la investigación.

En el análisis estadístico descriptivo se utilizaron medidas de tendencia central y dispersión para aquellas variables de naturaleza numérica. Las variables medidas en escala nominal se describieron con base en prevalencias con sus intervalos de confianza al 95% y distribuciones porcentuales con el software SPSS vr. 25 licencia de la Universidad del Rosario, Epi Info versión 7.2.1.0., Epidat 4.2 y Excel 2016., Para la relación de los niveles de mercurio en muestras biológicas, con efectos neurológicos, la composición sociodemográfica, antecedentes laborales y hábitos de la población, se hizo diferencia de proporciones chi cuadrado, prueba exacta de Fischer, diferencia de medias por la prueba t de student para las variables con distribución normal y la prueba de U de Mann-Whitney para las variables con distribución no normal.

Teniendo en cuenta la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud que establece las normas académicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, se clasifica esta investigación como de riesgo mínimo. (Resolución 8430 de 1993)

El estudio cumplió con los principios y disposiciones de la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2017) y principios bioéticos (Emanuel, 1999). El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética y metodologías de Investigación (CEMIN) del Instituto Nacional de Salud (INS) mediante acta CEMIN-23-2018.

RESULTADOS

Se incluyeron 104 personas con un promedio de edad de $47,9 \pm 1,7$ años con rangos de edades entre 21 y 83 años con una mediana de 50 años aproximadamente, de los cuales 25 (24%) fueron mujeres y 79 (76%) hombres. Solo se pudo obtener la medición de los niveles de mercurio en 84 participantes, 72,6% del sexo masculino y del femenino el 27,4%. El 59,5% de los individuos tenían exposición ocupacional y el 40,5% ambiental.

Se encontró en la población con exposición ocupacional un predominio del sexo masculino con un 57,1% (48) comparado con la exposición ambiental donde fue del 15,5% (13) con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,0001$).

El tipo de afiliación al Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS) más prevalente en la población fue el régimen subsidiado (Sisbén), 53,6% (45) en los ocupacionales y 27,4% (23) en los ambientales; por otra parte, el estado civil que predominó fue el de unión libre siendo 35,7% (30) y 17,5% (15) respectivamente.

El nivel de escolaridad fue diverso, en su mayoría cursaron los primeros niveles educativos (primaria completa e incompleta) o eran analfabetos en el grupo de individuos ocupacionalmente expuestos, en quienes también la principal actividad laboral fue la minería y agricultura en 39,3% (33), mientras que en los ambientalmente expuestos el 15,5% (13) reportó no tener ninguna actividad laboral.

Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre la población ocupacional y ambientalmente expuesta respecto al trabajo en minería y al tiempo de trabajo con metales ($p = < 0,0001$). El tiempo laborado en el oficio tuvo un promedio en meses de $232,59 \pm 179,221$ en los ocupacionalmente expuestos, y el tiempo de vivienda en el área de estudio una media de $434,54 \pm 241,881$ en el mismo grupo de exposición, mientras que en los ambientalmente expuestos fue de $336,76 \pm 214,476$ meses. El resto de las variables se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Características sociodemográficas, ambientales y laborales en la población ocupacional y ambientalmente expuestas del municipio de Nechí, Antioquia, 2023

Variable		Ocupacional		Ambiental		Valor p
		No.	%	No.	%	
Área	Cabecera municipal	21	25	14	16,7	0,94
	Rural	29	34,5	20	23,8	
Sexo	Femenino	2	2,4	21	25	<0,0001
	Masculino	48	57,1	13	15,5	
Edad		50	Media 49,74	34	Media 45,29	0,136
Tipo de SGSSS	Contributivo	3	3,6	10	11,9	0,023
	Subsidiado (Sisbén)	45	53,6	23	27,4	
	No afiliado	1	1,2	1	1,2	
	Indeterminado	1	1,2	0	0	
Estado Civil	Casado	5	6	5	6	0,483
	Unión Libre	30	35,7	15	17,5	

	Separado	1	1,2	1	1,2	
	Viudo	1	1,2	3	3,6	
	Soltero	13	15,5	10	11,9	
Escolaridad	Analfabeto	8	9,5	2	2,4	0,161
	Primaria incompleta	10	11,9	9	10,7	
	Primaria Completa	10	11,9	4	4,8	
	Secundaria Incompleta	5	6	4	4,8	
	Secundaria Completa	8	9,5	2	2,4	
	Técnico Incompleto	0	0	2	2,4	
	Técnico Completo	6	7,1	8	9,5	
	Universitaria Completa	3	3,6	3	3,6	
Oficio actual	Administrativas	1	1,2	5	6	<0,0001
	Agricultura	7	8,3	0	0	
	Mantenimiento	0	0	2	2,4	
	Minería y Agricultura	33	39,3	0	0	
	Pescador	6	7,1	3	3,6	
	Oficios Varios	2	2,4	8	9,5	
	Servicios Educativos	0	0	1	1,2	
	Servicios Sanitarios	0	0	2	2,4	
	Ninguno	1	1,2	13	15,5	
Trabajo en minería	SI	37	44	0	0	<0,0001
	No	13	15,5	34	40,5	
Tiempo de Oficio (meses)		Media 232,59 ± 179,221	(109,50-360)	Media 202,76 ± 183,436	(41-369)	0,434
Tiempo de trabajo con metales		120	(0-240,8)	0	0	<0,0001
Hace cuanto vive en el área de estudio (meses)		434,54±241,881		336,76±214,476		0,232

En cuanto a los hábitos alimenticios se encontró una diferencia estadísticamente significativa respecto al consumo de pescado (especies carnívoras o no carnívoras) entre la población con exposición ocupacional y ambiental ($p=0,039$) y el área de procedencia del pescado siendo mayor de áreas afectadas por la minería y por la agricultura ($p= 0,024$), Por el contrario, con respecto a la frecuencia del consumo del pescado, el tipo de pescado y el tamaño del pescado, no se encontraron diferencias significativas.

En la tabla 2 se muestra la relación entre variables toxicológicas y hábitos en la población ocupacional y ambientalmente expuesta.

Tabla 2. Relación entre variables de hábitos en la población ocupacional y ambientalmente expuesta del municipio de Nechí, Antioquia, 2023.

Variable		Ocupacionalmente expuestos		Ambientalmente Expuestos		P
		No.	%	No.	%	
Fumador Actual	Si	7	21,2	3	9,1	1.000
	No	16	48,5	7	21,2	
Tiempo fumando en (meses)		248,6±217,2	(24-480)	372±95,2	(300-336)	0,517
N° de Cigarrillos/día		Media 4,43±5,7	(1-10)	Media 2,33±1,15	(1-3)	0,833
Fumador Actual en el trabajo	Si	6	9,7	0	0,0	0,033
	No	1	1,6	3	7,1	
N° de Cigarrillos/día en el trabajo		2,7±2		0		N/A
Consumo de Licor	Si	25	29,8	22	26,2	0,183
	No	25	29,8	12	14,3	
Frecuencia de Consumo de licor	Diario	1	2,7	0	0,0	0,444
	Semanalmente	1	2,7	0	0,0	
	2 veces/sem	0	0,0	0	0,0	
	Ocasional	23	62,2	12	32,4	
Tiempo de consumo de licor en meses		Media 257,25±124,799	(180-300)	Media 163±108,237	(75-225)	0,015
Consumo de licor en el Trabajo	Si	10	27,0	2	5,4	0,141
	No	15	40,5	10	27,0	
Consumo de pescado	Si	47	56,0	30	35,7	0,433
	No	3	3,6	4	4,8	
Tipo de Pescado	Bagre	3	3,6	0	0,0	0,077
	Banquillo	2	2,4	0	0,0	
	Bocachico	40	47,6	29	34,5	
	Cachama	0	0,0	1	1,2	
	Doncella	2	2,4	0	0,0	
	No Consume	3	3,6	4	4,8	
Habito del pescado	Carnívoro	7	9,1	0	0,0	0,039
	No carnívoro	40	51,9	30	39,0	
Tamaño del pescado	Pequeño	3	3,6	4	5,2	0,413
	Mediano	36	46,8	19	24,7	
	Grande	8	10,4	7	9,1	
Frecuencia del consumo de pescado	1-2 veces semana	34	44,2	19	24,7	0,230
	3-4 veces semana	0	0,0	2	2,6	
	5-6 veces semana	2	2,6	4	5,2	
	7 veces semana	2	2,6	2	2,6	
	Cada 15 días	2	2,6	1	1,3	

	Mensual	7	9,1	2	2,6	
Procedencia del pescado	Desconocido	1	1,3	2	2,6	0,024
	De áreas distantes a las minas	2	2,6	0	0,0	
	De aéreas afectadas por la minería	36	46,8	15	19,5	
	De áreas afectadas por la agricultura	8	10,4	13	16,9	
	Rio Nechí,	6	8,1	1	1,4	
	Rio Nechí Ciénaga Trinidad	1	1,4	1	1,4	

La determinación de los niveles de mercurio en cabello en los 84 individuos a quienes se les pudo tomar la muestra tuvo una mediana de 3,061 ppm entre los ocupacionalmente expuestos y de 1,722 ppm en los ambientalmente expuestos, encontrando que el 86,9% de los individuos tenían niveles por encima de los valores de referencia (tabla 3).

Tabla 3. Concentraciones de Mercurio en cabello en la población del municipio de Nechí, Antioquia, 2023

Mercurio		Exposición Ocupacional		Exposición Ambiental		P	Valor de referencia
		n	%	n	%		
Resultado de la muestra	Mayor al valor de referencia	45	53,6	28	33,3	0,340	1,00 ppm (µg/g)
	Menor al valor de referencia	5	6,0	6	7,1		
Hg en ppm (µg/g)	Mediana/rango	3,061	(1,619-4,260)	1,722	(1,151-3,894)	0,030	

* United Nations Environment Programme, World Health Organization. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure, 2008.

En el análisis bivariado se identificó una diferencia estadísticamente significativa entre la concentración de Hg mayor a los valores de referencia en relación con el tiempo de trabajo con metales y el sexo ($p < 0,015$), siendo mayor en los hombres ($p < 0,008$), no fue el caso al evaluar la edad ($p = 0,330$), el tiempo de vivienda en la región ($p = 0,097$), el área donde estaba localizada la vivienda ($p = 1,00$) y el tiempo dedicado a su oficio ($p = 0,168$).

El tipo de afiliación a la seguridad social con respecto a los niveles de mercurio en cabello por encima de los valores de referencia se encontró con mayor frecuencia el régimen subsidiado en ambos grupos de exposición ($p = 0,035$) y en la escolaridad la población sigue

siendo mayor en los primeros niveles educativos ($p=0,035$), sin encontrar diferencias significativas entre los dos grupos de exposición.

Al relacionar los niveles de mercurio por encima de los valores de referencia con el trabajo de minería y agricultura ($p=0,017$), el trabajo en minería de oro ($p=0,023$), el uso de mercurio ($p=0,019$), el tiempo de trabajo con de metales ($p=0,015$), fue mayor en el grupo que supera los límites de referencia de Hg, encontrando diferencias estadísticamente significativas.

Las manifestaciones clínicas neurológicas referidas por la población se relacionaron con los niveles de mercurio reportando diferencias estadísticamente significativas con la presencia dolor de cabeza ($p=0,049$), mala memoria a veces ($p=0,001$), irritabilidad ($p=0,038$) y menor fuerza muscular ($p=0,013$), siendo mayor la frecuencia en el grupo de los que tuvieron valores de mercurio por encima de los límites de referencia, a diferencia de los problemas de concentración ($p=0,058$) y temblor en parpados ($p=0,062$). En la tabla 4 se hace una comparación entre las variables sociodemográficas y los valores de referencia de Hg.

Tabla 4. Relación entre las variables sociodemográficas, las manifestaciones clínicas referidas y los valores de mercurio de la población del municipio de Nechí, Antioquia, 2023

Variables		Referencia	Menor al valor de referencia No.	Mayor al valor de referencia No.	Valor p
Sociodemográficas laborales, ambientales y hábitos	Sexo	Femenino	7	16	0,008
		Masculino	4	57	
	Edad		44,2±15,7	48,5±15,3	0,330
	Tipo de SGSS	Contributivo	4	9	0,035
		Subsidiado (Sisben)	6	62	
		No afiliado	0	2	
		Indeterminado	1	0	
	Escolaridad	Analfabeto	0	10	0,035
		Primaria incompleta	2	17	
		Primaria Completa	2	12	
		Secundaria Incompleta	0	9	
		Secundaria Completa	0	10	
		Técnico Incompleto	0	2	
		Técnico Completo	5	9	
		Universitaria Completa	2	4	
	Oficio	Administrativas	2	4	0,017
Agricultura		2	5		
Mantenimiento		0	2		

		Minería y Agricultura	0	33	
		Pescador	1	8	
		Oficios Varios	2	8	
		Servicios Educativos	1	0	
		Servicios Sanitarios	1	1	
		Ninguno	2	12	
	Tiempo en su oficio		9 (26,78)	61 (36,79)	0,168
	Trabaja en Minería	Si	1	36	0,019
		No	10	37	
	Tipo de Minería	Oro	1	36	0,023
	Metales que Usa	Mercurio	1	36	0,019
		Cianuro	0	3	0,134
	Tiempo de trabajo con metales (meses)		10,9±36,2	110,8±169,5	0,015
	Frecuencia de uso de metales	Diariamente	0	10	0,038
Semanalmente		0	17		
Mensualmente		1	9		
Manifestaciones clínicas	Temblores	No tiene temblores o no interfieren con su trabajo	11	66	0,357
		Puede trabajar, pero necesita ser cuidadoso.	0	6	
		No puede trabajar, tuvo que cambiar de trabajo	0	1	
	Cefalea	Si	2	39	0,049
		No	9	34	
	Entumecimiento	Si	3	25	0,744
	Mala memoria	Nunca	8	38	0,001
		A veces	1	35	
		Siempre	2	0	
	Irritación	Nunca	5	24	0,038
		A veces	3	45	
		Siempre	3	4	
	Menor Fuerza Muscular	Igual que lo habitual	8	33	0,013
		Peor de lo normal	2	40	
Mucho peor de lo habitual		1	0		

Respecto a las manifestaciones clínicas relacionadas con los niveles de mercurio se encontró que los que tenían niveles por encima de los valores de referencia reportaron con mayor frecuencia los temblores que les permiten trabajar, pero necesita ser cuidadoso (6), la presencia de cefalea (39), mala memoria a veces (45), irritación a veces (45) y menor

fuerza muscular (49), sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN

Debido a la evolución del desarrollo económico y social del mundo, las operaciones mineras de carácter formal e informal, junto con todos los procesos que conllevan su práctica como la exploración, extracción, procesamiento y transporte de los diferentes productos mineros suponen un gran reto para los países sobre el control ambiental y los riesgos en salud de los trabajadores expuestos y de la población aledaña a la zona de explotación. Las minas de oro corresponden a una de las principales actividades mineras artesanales y de pequeña escala (MAPE), con mayores implicaciones a nivel ambiental y social por el uso de mercurio en el proceso de extracción. Se estima que Colombia es el país que más libera mercurio per cápita, por cada colombiano se liberan 1,6 gr de mercurio cada año (promedio g/persona), siendo la responsable de más del 55% del mercurio que se libera en Colombia. Además, el 86,7% de la minería de oro no cuenta con título minero ni licencia ambiental, lo cual dificulta el control del uso de mercurio (García 2017).

Colombia aprobó el Convenio de Minamata mediante la Ley 1892 de 2018 con el objetivo principal de proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y sus derivados y la Ley 1658 del 15 de julio de 2013, por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país con el fin de reducir y eliminar el uso de este metal.

Es bien conocido que las actividades mineras son principalmente realizadas por el sexo masculino debido a las características físicas requeridas para la labor, a las creencias, a la organización familiar, lo cual fue encontrado en el presente estudio. Se resalta los hallazgos relacionados con nivel educativo donde la mayoría había cursado únicamente estudios de primaria y algunos eran analfabetas. Respecto a la afiliación a SGSSS, un importante porcentaje de individuos estaba en el régimen subsidiado, lo cual hace suponer que las condiciones socioeconómicas pueden ser un problema social en la zona. Los individuos de los grupos de exposición de esta investigación se encontraron con una edad media de 50 años, representando población laboralmente activa y llevaban viviendo en promedio 35 años en la zona de estudio. En esta investigación es claro que la exposición ocupacional

en oficios como la minería y agricultura supone un mayor riesgo para los trabajadores de sobrepasar los límites de referencia de mercurio en muestras biológicas.

Por el contrario, en los expuestos ambientalmente fue mucho menor la cantidad de población con niveles que sobrepasaban los límites de mercurio, sin embargo, los hábitos de consumo de pescado y la contaminación ambiental son un riesgo para los lugareños. En los hallazgos del estudio se evidenció un porcentaje importante en ambos grupos de exposición respecto al consumo del pescado, encontrando diferencia estadísticamente significativa en cuanto al tipo de pescado y al hábito del pescado, siendo mayor la cantidad de personas consumidoras de Bocachico y en las cuales se encontraron que más de la mitad de sus muestras de mercurio en cabello, tenían valores por encima del límite de referencia, lo cual hace pensar que hay contaminación por este metal en matrices ambientales como agua y peces, y que por el proceso de biotransformación y de biomagnificación puede llegar a la población.

En el departamento del Chocó en uno de los estudios mas recientes del 2017 se encontró que el 90% de la extracción de oro se hace de forma ilegal, donde se analizaron 360 muestras de cabello, 248 en Quibdó y 112 en Paimado. Los resultados en las muestras en Quibdó principalmente fueron en promedio de 6,72 ppm con una mediana de 1,26 ppm encontrando que el 53% de las muestras sobrepasaron el valor de referencia. En la presente investigación, la mediana se reportó en 3,061 ppm para los ocupacionalmente expuestos teniendo niveles por encima del valor de referencia el 53% y para los ambientalmente expuestos el 33,3% estaban por encima de dichos valores con una mediana de 1,722 ppm (Garcia 2017).

A pesar de que un porcentaje importante de personas tuvieron niveles de mercurio en cabello por encima de los valores de referencia, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas relacionadas con las manifestaciones clínicas neurológicas Sin embargo, dichos individuos sí reportaron más síntomas neurológicos que los que tuvieron niveles por debajo de los valores de referencia, específicamente temblores, seguido de las cefaleas, mala memoria, la irritabilidad y menor fuerza muscular. En un estudio de 2017 realizado en Indonesia se encontró una relación entre la exposición a mercurio y la aparición de síntomas neurológicos, dentro de los principales se halló la rigidez y la ataxia, seguida de los temblores o movimientos anormales, movimientos irregulares de los ojos, pérdida de la visión, prueba de Romberg positiva y reflejo de Babinski. Estos últimos no fueron encontrados en el presente estudio (Abbas, 2017).

Bose-O'reilly encontraron los síntomas típicos de la exposición crónica al mercurio como la coloración gris a azulada de la cavidad bucal, temblor (temblor intencional dedo a nariz y talón a espinilla), ataxia (ataxia de la marcha y del talón a la espinilla), así como problemas de coordinación (disdiadococinesia). Algunos reflejos eran anormales, como el reflejo rotuliano y el reflejo mentolabial. Estos estrechamente relacionados con el número de años de exposición. (Bose-O'reilly 2017)

En una revisión bibliográfica sobre los estudios realizados en la población minera y específicamente dedicados a la extracción del oro, se encontraron en general altos niveles de concentración de Hg en la sangre. Además, se ha encontrado hallazgos en niños expuestos al Hg con signos neurológicos importantes. Por otra parte, se observó alteraciones sensoriales en 16 de 50 sujetos (32% de la población analizada). También, se realizaron pruebas neuropsicológicas de función motora, atención y rendimiento visuoespacial, mostrando disminuciones al aumentar las concentraciones de Hg en el cabello y finalmente, se observó una asociación dependiente de la dosis entre el nivel de Hg del cabello materno y un aumento de los reflejos tendinosos profundos. (Gibb, Hernan, & Keri, 2014)

Es claro que hay una corresponsabilidad entre los diversos actores para contribuir a la erradicación del uso de mercurio en el territorio nacional, por lo que es importante integrar a los actores sociales, privados, académicos y políticos, de tal forma que se realice una construcción conjunta de alternativas de desarrollo, que permitan la sustitución y eliminación del mercurio en la minería (Clifton, J. C., II. 2007).

Como parte de las estrategias para el cumplimiento convenio de Minamata, Colombia e está en la iniciativa planetGOLD en la cual se está trabajando para reducir y en lo posible eliminar el mercurio en la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE), fortalecer las instituciones y los marcos regulatorios y aumentar el acceso de las comunidades mineras al financiamiento necesario para comprar tecnologías de procesamiento sin mercurio. (Marrugo N, 2022). De igual forma se deben diseñar estrategias para la sensibilización y difusión de los impactos del mercurio en la salud y el ambiente en las poblaciones donde se realizar labores de minería del oro.

CONCLUSIONES

La exposición a mercurio encontrada en la población expuesta del municipio de Nechí fue tanto ocupacional como ambiental por el trabajo en la extracción de oro con mercurio.

La población informó vivir y trabajar en la zona por más de 20 años en minería, lo que indica que tienen una exposición crónica a este metal, pudiendo generar efectos en la salud.

Los principales síntomas neurológicos de nuestro estudio en la población ocupacional y ambientalmente expuesta que superan los valores de referencia se hallan en relación con la cefalea, la mala memoria, la irritación y la menor fuerza muscular, en menor medida con los temblores.

Se encontró que el 86,9% de los individuos a quienes se les realizó determinaciones de mercurio en cabello, tenían niveles por encima de los valores de referencia

RECOMENDACIONES

Se requiere hacer seguimiento a la población estudiada principalmente aquella en la que se encontró que los valores de mercurio en cabello superan los límites de referencia, mediante programas de vigilancia epidemiológica que ayuden a minimizar los efectos de la exposición a este metal.

Es importante hacer monitoreo periódico a las matrices agua y pescado para determinar los niveles de mercurio y emplear prácticas que permitan de manera gradual la descontaminación.

Se deben continuar con el desarrollo de proyectos de investigación para determinar los efectos crónicos generados por la exposición mercurio en las poblaciones expuestas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía del municipio Nechí. (2005). Información del municipio de Nechí. Retrieved May 3, 2019, from http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/ProyeccionMunicipios2005_2020.xls
- Abbas, H. H., Sakakibara, M., Sera, K., & Arma, L. H. (2017). Mercury exposure and health problems in urban artisanal gold mining (UAGM) in Makassar, South Sulawesi, Indonesia. *Geosciences* (Switzerland), 7(3). <https://doi.org/10.3390/geosciences7030044>
- Antonini, J.M., Sriram, K., Benkovic, S.A., Roberts, J.R., Stone, S., Chen, B.T., SchweglerBerry, D., Jefferson, A.M., Billig, B.K., Felton, C.M., Hammer, M.A., Ma, F., Frazer, D.G., O'Callaghan, J.P., Miller, D.M., 2009. Mild steel welding fume causes manganese accumulation and subtle neuroinflammatory changes but not overt neuronal damage in discrete brain regions of rats after short-term inhalation exposure. *Neurotoxicology* 30, 915–925.
- Aristizabal O.A, Orozco C. R, Orrego Z. N, Giraldo C. P, Ceballos A.C (2017). Informe de los resultados de tamizaje de intoxicación por mercurio en poblaciones antioqueñas con explotación minera. Secretaría de salud y protección social de Antioquia. <https://www.dssa.gov.co/images/programas-y-proyectos/factores-de-riesgo/riesgo-quimico/ANTIOQUIA%20INFORME%20DEPARTAMENTAL%20VEM%202017.pdf>
- Barregård, L., Svalander, C., Schütz, A., Westberg, G., Sällsten, G., Blohmé, I., Mölne, J., Attman, P.O., Haglund, P., 1999. Cadmium, mercury, and lead in kidney cortex of the general Swedish population: a study of biopsies from living kidney donors. *Environ. Health Perspect.* 107, 867–871.
- Bjørklund, G., Dadar, M., Mutter, J., & Aaseth, J. (2017). The toxicology of mercury: Current research and emerging trends. *Environmental Research*, 159, 545–554.
- Clarkson, T. W., Mago, L., & Myers, G. J. (2003). The Toxicology of Mercury Current Exposures and Clinical Manifestations. *New England Journal of Medicine*, 349(18), 1731–1737. <https://doi.org/10.1056/nejmra022471>
- Clifton, J. C., II. (2007). Mercury exposure and public health. *PEDIATRIC CLINICS OF NORTH AMERICA*, 54(2), 237–+. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2007.02.005>
- Convenio de Minamata sobre Mercurio. Cancillería de Colombia. (s.f.). <https://www.cancilleria.gov.co/convenio-minamata-sobre-mercurio>
- Decreto de Quito. 24 de octubre 1829. Republica. Conservación de Minas.
- García C., et al (ed.) (2017). El Convenio de Minamata. Así actúa Colombia frente al mercurio. Cali, Colombia: WWF-Colombia. 63 pág. Repositorio Universidad de Antioquia. <http://biblioteca.udea.edu.co:8080/leo/handle/123456789/6307>

Gibb, H., & O'Leary, K. G. (2014). Mercury Exposure and Health Impacts among Individuals in the Artisanal and Small-Scale Gold Mining Community: A Comprehensive Review. *Environmental Health Perspectives*, 122(7), 667–672. <https://doi.org/10.1289/ehp.1307864>

Glomski, C.A., Brody, H., Pillay, S.K., 1971. Distribution and concentration of mercury in autopsiespecimens of human brain. *Nature* 232, 200–201.

Haouem, S., Hmad, N., Najjar, M.F., ElHani, A., Sakly, R., 2007. Accumulation of cadmium and its effect on liver and kidney functions in rats given diet containing cadmium-polluted radish bulb. *Exp. Toxicol. Pathol.* 59, 77–80.

Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas (EITI), “ Informe de Cotejo – EITI Colombia 2020”. <https://eiticolombia.gov.co/es/informes-eiti/informe-2020/informe-cotejo/>

Latorre, Á. M. L. R., & Tovar, M. H. T. (2017). Explotación minera y sus impactos ambientales y en salud. El caso de Potosí en Bogotá. *Saúde Em Debate*, 41(112). <https://doi.org/10.1590/0103-1104201711207>

Marrugo Negrete, J. L., Paternina Uribe, R., & Marrugo Madrid, S. (2022). Mercurio en la MAPE: evaluación internacional de experiencias y lecciones aprendidas en la gestión de la contaminación por mercurio en la MAPE. Análisis nacional e internacional. Repositorio de Universidad de Cordoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/6290>

MinAmbiente. (2012). *Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental*. Retrieved from [https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico de salud Ambiental compilado.pdf](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf)

Ministerio de Medio Ambiente y Dirección de Política Ambiental. (2013). Enseñanzas de la enfermedad de Minamata y el manejo del mercurio en japon: traducción provisional. División de la Salud y Seguridad Medioambiental Departamento de Salud Ambiental Ministerio del Medio Ambiente. <https://www.env.go.jp/content/900414990.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (Abril 2016) Política minera de Colombia. Bases para el futuro. Republica de Colombia.

Reporte PIB, información II trimestre 2023, DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales/pib-informacion-tecnica>

Resolución No. 40391 de 20 de abril de 2016, se adoptó la Política Minera Nacional denominada “Bases para la minería del futuro”. (2016)

Rodriguez Sanchez, M.J. Análisis del efecto de la intoxicación por mercurio en la salud de los mineros de oro a pequeña escala en Colombia. (2020). Published by Universidad del Norte. <http://hdl.handle.net/10584/10846>

Stephan Bose-O'Reilly, Ludovic Bernaudat, Uwe Siebert, Gabriele Roider, Dennis Nowak, & Gustav Drasch. (2017). Signs and symptoms of mercury-exposed gold miners. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 30(2), 249–269. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00715>.

United Nations Institute. UNEP- UN Environment Programme in 2022. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/41679/Annual_Report_2022.pdf?sequence=3

United Nations Institute For Training and Research. UNITAR y PNUMA (30 julio 2021) Plataforma MercuryLearn. <https://mercuryconvention.org/es/resources/la-plataforma-mercurylearn-de-unitar-y-pnuma>

World Health Organization (2017, Marzo 31). El mercurio y la Salud. Obtenido: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>