



Universidad del
Rosario

**Evaluación de la exposición a mercurio en población del municipio de Nechí – Antioquia
y niveles en matrices ambientales**

Investigador principal
Erika Alejandra Morantes Acevedo

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

Bogotá, 2022

**Evaluación de la exposición a mercurio en población del municipio de Nechí – Antioquia
y niveles en matrices ambientales**

Estudiante(s):
Erika Alejandra Morantes Acevedo

Asesores:
Dra. Marcela Varona
Dra. Gilma Hernandez

Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo
Universidad del Rosario

Bogotá D.C., 2022

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A MERCURIO EN POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE NECHI – ANTIOQUIA Y NIVELES EN MATRICES AMBIENTALES

Investigador principal: Alejandra Morantes Acevedo.

Tutor temático: Dra. Marcela Eugenia Varona

Tutor metodológico: Dra. Gilma Hernández

RESUMEN

Introducción: En Nechi – Antioquia la extracción de oro mediante la minería artesanal es una de las actividades principales dentro de la economía del municipio. Esta actividad ha generado un aumento significativo en los niveles de mercurio (metal de uso común durante la extracción del mineral) en matrices ambientales, que a su vez puede generar afectaciones en la salud de la población expuesta.

Objetivo: Determinar la exposición a mercurio en la población expuesta ocupacional y ambientalmente del municipio de Nechi – Antioquia y los niveles en matrices ambientales

Materiales y métodos: Se planteó un estudio de tipo transversal, en una muestra de 100 personas en Nechí– Antioquia, de los cuales el 50% correspondió a población ocupacionalmente expuesta y 50% ambientalmente expuesta a quienes se les realizaron mediciones de niveles de mercurio en muestras biológicas (cabello) y se analizaron los niveles de este metal en matrices ambientales (agua y pescado). Se incluyeron variables sociodemográficas, laborales, antecedentes de exposición ambiental y hábitos de la población estudio. Se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión y se buscaron relaciones entre las variables de salud incluidas en el estudio.

Resultados: Ingresaron al estudio 104 personas con un promedio de edad de 50 años de los cuales el 76% eran hombres y el 61,3% se dedicaban a la minería y agricultura se Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los ocupacional y ambientalmente expuestos para las variables sexo ($p=0,001$), el tipo de afiliación al sistema de seguridad social ($p=0,024$), la escolaridad ($p=0,04$) y el oficio($p=0,001$). Para los valores de mercurio en cabello, se encontró una diferencia significativa entre los expuestos ocupacional y ambientalmente ($p=0,023$), con medias de 3,96 ppm (DS 3,56 ppm) y 2,43 ppm (DS 1,8 ppm) respectivamente, en ambos grupos los niveles estuvieron por encima del valor de referencia.

Conclusión: Se presentaron altos niveles de mercurio en cabello para los expuestos ocupacional y ambientalmente, superando el límite de referencia en ambos grupos y encontrando los niveles más altos en los expuestos a nivel laboral. No se encontraron

valores elevados de mercurio en matrices ambientales.

Palabras clave: Mercurio, Minería de oro, salud ocupacional y ambiental, matrices ambientales

INTRODUCCIÓN

El estudio de carga mundial de la enfermedad reporta los factores de riesgo ambiental y ocupacional como agentes causales del 12.3% de los años de vida ajustados por discapacidad (Stanaway et al., 2018). Durante 2016, se presentaron 17.549 muertes atribuibles a alguno de los factores de riesgo ambiental, aproximadamente el 8% del total de las muertes de ese año. Si se redujera a mínimos teóricos la exposición a estos factores de riesgo se evitaría el 18,1% de las muertes debidas a los nueve eventos en salud analizados dentro del Informe de Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia (Instituto Nacional de Salud, 2018).

Las actividades mineras generan contaminación con metales, con potenciales efectos sobre la salud humana y sobre los componentes del ecosistema. Adicionalmente, la contaminación del suelo y del agua es un determinante importante en la seguridad alimentaria, constituyéndose como una amenaza asociada para la salud humana (Lu et al., 2015). El registro de las concentraciones de este tipo de contaminantes en aguas superficiales es necesario, ya que ayuda a centrar la atención por su presencia en agua potable, ya que comúnmente los métodos de remoción en plantas de tratamiento no los contemplan (Machado et al., 2017).

En la actualidad, el mercurio es considerado como un contaminante a nivel mundial que genera afectaciones en la salud humana, siendo altamente tóxico al ser bioacumulable, persistente y bioquímicamente activo. Este contaminante ingresa el cuerpo por inhalación, absorción o ingesta, por lo que representa un factor de riesgo importante para poblaciones expuestas. Dentro de sus efectos más graves están las afectaciones del sistema nervioso (Cadavid, 2020).

La minería artesanal de oro es una actividad relevante a nivel mundial, que influye ampliamente en la economía de países en desarrollo. Un gran porcentaje de la minería artesanal es considerada informal y/o ilegal al no contar con autorizaciones o licencias formales del gobierno. Dentro del proceso de explotación de oro es utilizado el mercurio, útil por sus diferentes propiedades físico – químicas, porque requiere poca tecnología y

poca inversión de capital. Durante la amalgamación del oro, se producen la mayor cantidad de emisiones de mercurio, que, junto con la falta de buenas prácticas de seguridad, aumentan el riesgo de contaminación de suelo, agua y puede generar efectos en la salud de los trabajadores (Muñoz, 2012).

Dentro de estos efectos el mercurio elemental y los compuestos inorgánicos desencadenan alteraciones del sistema nervioso central, manifestaciones orofaríngeas y alteraciones de la piel y mucosas. Los compuestos orgánicos producen parestesias, ataxia, trastornos visuales, disartria, defectos auditivos y estrechamiento del campo visual. En el feto, el metilmercurio atraviesa rápidamente la barrera placentaria y luego la hematoencefálica, y puede afectar el desarrollo del cerebro. Una exposición crónica al mercurio produce una de las más antiguas enfermedades profesionales que conoce la humanidad: el hidrargirismo. (Muñoz, 2012).

En Nechí – Antioquia, la explotación minera de oro ha generado un incremento en la concentración de metales pesados en sedimentos del complejo cenagoso, entre ellos el mercurio, lo cual genera un riesgo ambiental para la población expuesta teniendo en cuenta que las comunidades toman el agua directamente de la ciénaga (Ospina, 2020).

Es por estos efectos adversos que la contaminación por mercurio se ha convertido en un problema de salud pública (Cadavid, 2020) y generar evidencias científicas de investigación es una prioridad. El Ministerio de Salud, por medio del Sistema de Vigilancia en Salud Pública SIVIGILA, publicó el informe de intoxicaciones por sustancias químicas para el año 2021. El número de casos fue de 34.036, de los cuales 52 corresponden a intoxicación por metales pesados, incluido el mercurio. (Instituto Nacional de Salud, 2021)

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal analítico, en el que se incluyó población ambiental y ocupacionalmente expuesta para determinar los niveles de mercurio en muestras biológicas y ambientales de la población del municipio de Nechí (Antioquia).

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

Como criterios de Inclusión se tuvieron en cuenta: adultos de cualquier edad, sexo, grupo

étnico, población expuesta ocupacionalmente con un tiempo de al menos seis meses utilizando mercurio, población expuesta ambientalmente a mercurio que hayan vivido al menos seis meses en la zona y población de áreas urbana y rural del municipio de Nechí (Antioquia).

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 a las personas que no firmaron el consentimiento informado.

Se calculó un tamaño de muestra mínimo para estudios descriptivos transversales en el aplicativo Open Epi, utilizando la población del municipio de Nechí (Antioquia) que de acuerdo con el censo de 2005 (DANE) era de 20.668 personas. La frecuencia esperada del factor de estudio fue del 30,3%, que corresponde a la proporción de individuos ambientalmente expuestos con niveles de mercurio en orina que superan los límites permisibles, según estudio llevado a cabo en los Departamentos de Bolívar, Sucre, Antioquía y Córdoba. Se tomó el mercurio como químico de referencia, dada la importancia de este como contaminante ambiental en Colombia (Min Salud, 2018, p. 7). El margen de error aceptable definido fue del 5%, con un nivel de confianza del 95%, quedando un tamaño de muestra de 100 personas incluyendo un 20% de pérdidas. El 50% fueron ambientalmente expuestos, y el 50% ocupacionalmente expuestos.

Las variables que se tuvieron en cuenta para el estudio están divididas en 3 grupos: socio – demográficas (sexo, edad, municipio, área, y tiempo de residencia, tipo de afiliación al sistema de general de seguridad social y salud, estado civil, escolaridad), hábitos alimenticios (fuente del consumo de agua, tipo/tamaños/procedencia y frecuencia de consumo de pescado, consumo de alimento enlatados) y variables ocupacionales (cargo u oficio actual que desempeña, antigüedad en el mismo, relación entre el oficio y la minería, tipo de minería en la cual trabaja (si aplica), metales que utiliza y frecuencia de uso, horas de exposición, ubicación de la residencia con respecto a las zonas mineras, acceso y uso de equipos de protección personal, capacitaciones recibidas) y biológicas (cabello como indicador de exposición), siendo esta última la variable dependiente.

Se aplicó a la totalidad de los individuos seleccionados tanto expuestos ocupacionales como los ambientales, una encuesta (formularios) adaptada del instrumento de evaluación en salud del Global Mercury Project (Veiga M, 2004). Antes de iniciar la fase de recolección de la información se dio una inducción al personal encargado de diligenciar la encuesta a cada uno de los individuos seleccionados en la muestra. Esta inducción estuvo a cargo del grupo

investigador.

Referente a los métodos para el control de la calidad de los datos y sesgos considerados para la investigación, se estableció en primer lugar el sesgo de selección, el cual implementó como estrategia de control la definición de criterios de inclusión y exclusión claros y el cálculo de tamaño de muestra con una confianza del 95%. Sobre el sesgo de información del observador, se incluyó una capacitación y estandarización de 8 horas en la aplicación de las entrevistas, toma y almacenamiento de muestras y posteriormente en campo se realizó un refuerzo de la capacitación y el entrenamiento de encuestadores. Igualmente, alrededor del sesgo de información de instrumentos, se presentaron como estrategia de control, el ensayo piloto de formulario y prueba piloto del formato de recolección de información, el uso de reactivos certificados y el análisis de metales con métodos estandarizados y documentados.

Desde el sesgo de información del observado (sesgo de memoria) se establecieron como estrategias de control aplicar una encuesta estandarizada a todas las personas, lo que implicó el entrenamiento a encuestadores del estudio. Con respecto al sesgo de información, se realizó una prueba piloto para estandarizar instrumentos y problemas logísticos, ajustados antes del inicio del estudio. Por último, para el sesgo de confusión, se determinó la identificación de estos en fase de planeación y en el análisis estadístico se hizo su control.

Se tomaron muestras biológicas para la determinación de mercurio en cabello. A cada individuo, previa explicación de los procedimientos y firma del consentimiento informado, se le tomó una muestra de cabello (región occipital del cuero cabelludo). La toma de esta muestra estuvo a cargo de los médicos/bacteriólogos/enfermeros y otros profesionales de salud que participan en el estudio. Estas muestras de cabello fueron obtenidas del área occipital de la cabeza y e incluyeron por lo menos 20 hilos de cabello. Las muestras 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.

El análisis de mercurio en muestras ambientales se realizó por espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío (CVAAS).

Para la recolección de muestras de agua se obtuvo un volumen de 1 litro y se tomaron 6 muestras agua para la determinación de mercurio de los ríos cercanos del municipio de Nechí - Antioquia.

La recolección de muestras de pescado estuvo a cargo de un funcionario de la secretaria de salud municipal, quien seleccionó las estaciones de muestreos (sitios estratégicos de pesca artesanal). En cada sitio se colectaron muestras mayores de 25 cm de longitud, para cada especie, quienes fueron capturadas directamente por pescadores locales.

Se llevó a cabo un estudio piloto en un 10% del total de la muestra de individuos, a quienes se les realizó la prueba de formularios, lo cual ayudó a contemplar ajustes, tanto de instrumentos como de tiempos y movimientos. Se desarrolló 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, entre estudiantes pertenecientes a las universidades que hacen parte del estudio y personal operativo y administrativo del sector. Estos participantes no formaron parte de la población muestra seleccionada en la investigación.

Para el análisis estadístico de este estudio se realizó con el software R 4.1.1 y Rstudio 2022.02.3+492 y la estimación de los parámetros se hizo con nivel de confianza del 95% y las pruebas de asociación con nivel de significación del 5%. Se realizó un control de calidad del 100% de los registros incluidos en la base de datos. Esta actividad incluyó un análisis descriptivo de cada variable, para depuración de los datos, identificación de valores perdidos, valores de omisión y casillas en blanco como estrategias para aceptar o rechazar registros que presentasen problemas como errores, datos faltantes y valores fuera de rango (Outliers).

En el análisis estadístico descriptivo se utilizaron medidas de tendencia central y dispersión para aquellas variables de naturaleza cuantitativa. Las variables de naturaleza cualitativa se describieron utilizando distribuciones de frecuencias absolutas y porcentajes. Para analizar la asociación estadística entre variables categóricas con el tipo de exposición se utilizó prueba Chi Cuadrado de asociación o prueba exacta de Fisher según el cumplimiento de supuestos. Para la comparación de los grupos de exposición en las variables cuantitativas se utilizó la prueba t de Student para comparación de medias, previa revisión de cumplimiento de supuesto de distribución normal y homocedasticidad.

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, en el Título II Capítulo I Artículo 11 sobre los aspectos éticos de la investigación en seres humanos, se clasifica esta investigación como de riesgo mínimo. (Resolución 8430 de 1993)

A cada individuo se le proporcionó una hoja de consentimiento, la cual tuvieron que firmar antes de contestar las preguntas de las encuestas individuales y de la toma de muestras biológicas. Previo al inicio de la recolección de la información y de las muestras, se informó

a los individuos los objetivos y el tipo de estudio que conllevó la investigación, comprendiendo la importancia y beneficios que representaría su participación, a quienes se les entregó posteriormente los resultados de las pruebas paraclínicas, cuyos datos fueron tratados con total confidencialidad por el grupo investigador.

El estudio cumplió con los principios y disposiciones de la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 1964) y los 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

Ingresaron al estudio un total de 104 individuos de los cuales 62 (59,6%) se encontraban ocupacionalmente expuestos mientras que 42 (40,4%) ambientalmente expuestos. El rango de edad de la población estuvo entre 21 y 83 años, con una media de 48 años y una DS de 15. La mayor parte fueron hombres (76%) de los cuales 59 (74,7%) se encontraban ocupacionalmente expuestos. La escolaridad tiende a ser baja en ambos grupos, en donde la mayoría se encuentran en niveles entre analfabeto y secundaria, 39 (80,6%) en los expuestos ocupacional y 23 (54,7%) en los ambientalmente expuestos y gran parte de la población se encuentra afiliada al régimen subsidiado de salud, 54 (87,1%) ocupacionalmente expuestos y 27 (64,3%) en los ambientalmente expuestos. Dentro de los ocupacionalmente expuestos, el oficio predominante fue la minería y agricultura (61,3%) dentro de los cuales 43 personas trabajan en minería de oro y estuvieron expuestos a mercurio. Respecto a la ubicación de su residencia en zona minera, de los expuestos ocupacionalmente un 32% respondió afirmativamente. Las variables en donde se encontraron diferencias significativas entre el grupo ocupacional y el ambientalmente expuesto fueron el sexo ($p=0,001$), el tipo de afiliación al SGSSS ($p=0,024$), la escolaridad ($p=0,04$), el oficio ($p=0,001$) y el hecho de trabajar en minería ($p=0,001$). Las características socio-demográficas y laborales por tipo de exposición se encuentran en la Tabla 1.

Tabla N° 1. Variables socio – demográficas y laborales por grupo de exposición de las personas del municipio de Nechí (Antioquia)

Variable	Ocupacional	Ambiental	Valor p
Exposición (N (%))	62 (59,6)	42 (40,4)	-

Edad (media (DS))		50,42 (14,45)	46,1 (15,57)	0,15
Sexo (N (%))	Masculino	59 (95,2)	20 (47,6)	<0,001
	Femenino	3 (4,8)	22 (52,4)	
Área (N (%))	Cabecera Municipal	28 (45,2)	18 (42,9)	0,975
	Rural	34 (54,8)	24 (57,1)	
Raza (N (%))	Mestizo	32 (51,6)	22 (52,4)	1
	Negro, mulato, afrodescendiente o afrocolombiano	30 (48,4)	20 (47,6)	
Tipo de Afiliación al Sistema General de Seguridad Social en Salud SGSSS (N (%))	Contributivo	6 (9,7)	13 (31)	0,024
	Subsidiado (Sisbén)	54 (87,1)	27 (64,3)	
	No Afiliado	1 (1,6)	2 (4,8)	
	Indeterminado	1 (1,6)	0	
Estado Civil (N (%))	Casado/a	9 (14,5)	8 (19)	0,335
	Unido/a	35 (56,5)	18 (42,9)	
	Separado	1 (1,6)	1 (2,4)	
	Viudo/a	1 (1,6)	4 (9,5)	
	Soltero	16 (25,8)	11 (26,2)	
Escolaridad (N (%))	Analfabeto	10 (16,1)	3 (7,1)	0,04
	Primaria incompleta	11 (17,7)	10 (23,8)	
	Primaria completa	12 (19,4)	4 (9,5)	
	Secundaria incompleta	6 (9,7)	4 (9,5)	
	Secundaria completa	11 (17,7)	2 (4,8)	
	Técnico incompleto	0	3 (7,1)	
	Técnico completo	8 (12,9)	11 (26,2)	
	Universitaria completa	4 (6,5)	5 (11,9)	
Oficio Ajustado (N (%))	Administrativas	3 (4,8)	7 (16,7)	<0,001
	Agricultura	11 (17,7)	0	
	Mantenimiento	0	4 (9,5)	
	Minería y Agricultura	38 (61,3)	0	
	Pescador	7 (11,3)	3 (7,1)	
	Oficios Varios	2 (3,2)	9 (21,4)	

	Otras profesiones	0	1 (2,4)	
	Servicios educativos	0	2 (4,8)	
	Servicios Sanitarios	0	2 (4,8)	
	Ninguno	1 (1,6)	14 (33,3)	
Tiempo en el oficio (media (DS))		236,7 (177,79)	214,29 (178,33)	0,582
Trabaja en Minería (N (%))	Si	43 (69,4)	0	<0,001
	No	19 (30,6)	42 (100)	
Tipo de minería	Oro	43 (100)		
Metal que usa	Mercurio	43 (100)		
Frecuencia con la que usa metales	Diariamente	14 (32,6)		
	Semanalmente	18 (41,9)		
	Mensualmente	11 (25,6)		

En la Tabla 2 se describen los hábitos como fumar y consumo de licor, los cuales no presentaron una diferencia significativa entre ambos grupos, que en su mayoría indicaron no fumar actualmente ni tomar licor con frecuencia. Así mismo, se encontró en relación a las medidas de higiene para el grupo ocupacionalmente expuesto que la mayor parte de los encuestados manifestaron usar ropa de diario para trabajar (90%), cambiarse todos los días (83,3%) y lavarla en el hogar (75%). En cuanto a la toma de alimentos, indicaron en su mayoría no tomarlos en el lugar de trabajo (68,3%) y lavarse las manos antes de hacerlo (78,9%). Con respecto al empleo de elementos de protección personal, se pudo identificar que no son de uso común dentro de los trabajadores.

Tabla N° 2. Hábitos, medidas de higiene y uso de elementos de protección personal de la población del municipio de Nechí (Antioquia)

Variable		Ocupacional	Ambiental	Valor p
HABITOS				
Ha fumado alguna vez (N (%))	Si	26 (41,9)	14 (33,3)	0,497
	No	36 (58,1)	28 (66,7)	
Fuma actualmente (N (%))	Si	7 (26,9)	3 (21,4)	1
	No	55 (73,1)	39 (78,6)	
Fuma en su sitio de trabajo (N (%))	Si	6 (9,6)	0	0,067
	No	56 (90,3)	0	
Consume licor (N (%))	Si	30 (48,4)	17 (40,5)	0,552
	No	42 (51,6)	25 (59,5)	

Frecuencia de consumo de licor (N (%))	Diario	1 (3,3)	0	0,69
	Semanal	1 (3,3)	0	
	Dos veces/semana	2 (6,7)	2 (11,8)	
	Ocasional	26 (86,7)	15 (88,2)	
MEDIDAS DE HIGIENE Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL				
Tipo de ropa para trabajar (N (%))	Ropa de diario	54 (90)		
	Uniforme o ropa de trabajo	6 (10)		
Se cambia de ropa (N (%))	Si	52 (86,7)		
	No	8 (13,3)		
Cada cuanto cambia de ropa (N (%))	Diario	50 (83,3)		
	Una vez/semana	4 (6,7)		
	Dos veces/semana	5 (8,3)		
	Nunca	1 (1,7)		
En donde lava la ropa de trabajo (N (%))	En una fuente de agua	9 (15)		
	En el lugar de trabajo	6 (10)		
	En la casa	45 (75)		
Toma alimentos donde trabaja (N (%))	Si	19 (31,7)		
	No	41 (68,3)		
Frecuencia con la que toma alimentos en el trabajo (N (%))	Siempre	10 (52,6)		
	A veces	7 (36,8)		
	Nunca	2 (10,5)		
Lavado de las manos antes de ingerir alimentos (N (%))	Siempre	15 (78,9)		
	A veces	3 (15,8)		
	Nunca	1 (5,3)		
Ducharse el cuerpo al finalizar la jornada laboral (N (%))	Siempre	49 (83,1)		
	A veces	2 (3,4)		
	Nunca	8 (13,6)		
Uso de peto o delantal (N (%))	Si	2 (3,3)		
	No	58 (96,7)		
Uso de guantes (N (%))	Si	15 (25)		
	No	45 (75)		
	Carnaza	4 (26,7)		

Material los guantes (N (%))	Caucho	2 (13,3)
	Cuero	6 (40)
	Nitrilo	1 (6,7)
	Tela	2 (13,3)
Uso de respirador (N (%))	Si	6 (10)
	No	54 (90)
Uso de tapabocas desechable (N (%))	Si	11 (18,3)
	No	49 (81,7)
Uso de pañuelo húmedo (N (%))	Si	1 (1,7)
	No	59 (98,3)
Uso de sombrero o gorra (N (%))	Si	38 (63,3)
	No	22 (36,7)
Uso de visor (N (%))	Si	7 (11,7)
	No	53 (88,3)
Uso de monogafas (N (%))	Si	5 (8,3)
	No	55 (91,7)
Uso de botas de caucho (N (%))	Si	30 (50)
	No	30 (30)
Uso de botas en cuero (N (%))	Si	12 (20)
	No	48 (80)
Uso de zapatos (N (%))	Si	3 (5)
	No	57 (95)
Uso de tenis (N (%))	Si	7 (11,7)
	No	53 (88,3)
Uso de protector auditivo (N (%))	Si	0
	No	60 (100)
Uso de casco (N (%))	Si	2 (3,3)
	No	58 (96,7)

De la población de estudio, una persona expuesta ocupacionalmente manifestó haber tenido intoxicación con mercurio 39 meses antes de la entrevista y consultó al médico. El origen del agua que consumen los grupos ocupacional y ambientalmente expuestos fue principalmente de la llave (62,9 % - 71,4%) y de botellón o bolsa (21% y 16,7%). Con respecto al consumo de pescado, el 91,9% (57) de los expuestos ocupacionalmente manifestaron consumir pescado dentro de los cuales 47 (75,8%) consumen bocachico (pescado no carnívoro), mientras que de los ambientalmente expuestos 37 (88,1%) lo consumen, también en su mayoría bocachico (83,3%). Para ambos grupos, el pescado más consumido fue no carnívoro (82,5% ocupacional y 97,3% ambientalmente expuesto), en su mayoría de tamaño mediano (73,7% ocupacional y 62,2% ambientalmente expuesto) y con una

frecuencia de consumo de 1 a 2 veces por semana (71,9% ocupacional y 64,9% ambientalmente expuesto). En cuanto a la procedencia del pescado, para el grupo ocupacionalmente expuesto la mayoría proviene de áreas afectadas por la minería (78,9%) mientras que para el grupo expuesto a nivel ambiental las principales fuentes son áreas afectadas por la minería (54,1%) y por la agricultura (40,5%). Respecto a las especies de pescado, el Moncholo fue el que presentó niveles más altos de mercurio (0,87226 µg/mL) siendo este una especie carnívora.

Con respecto a los valores de mercurio en cabello, se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los expuestos ocupacional y ambientalmente, con medianas de 3,06 ppm (Q1:1,68; Q3:4,17 ppm) y 1,72 ppm (Q1:1,16; Q3:3,72 ppm) respectivamente, ambos grupos por encima del valor de referencia, 1,00 ppm (World Health Organization, 2008) como se evidencia en la tabla 3.

Tabla N° 3. Niveles de mercurio en cabello por grupo de exposición de la población del municipio de Nechí (Antioquia)

CONCENTRACIONES DE MERCURIO EN CABELLO							
VARIABLES	EXPUESTOS OCUPACIONALMENTE		EXPUESTOS AMBIENTALMENTE		P	Total	Valores de referencia (mg/g) ppm
N	62		42				
Hg (ppm) Mediana	3,06	(Q1:1,68; Q3:4,17)	1,72	(Q1:1,16; Q3:3,72)	0,0304*	2,48 (Q1:1,39; Q3:4,06)	1,00**

* Prueba de Mann Whitney

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

El 89,4% (93) de las concentraciones de mercurio evaluadas están por encima del valor de referencia. Para el grupo ocupacionalmente expuesto, sobrepasaron el límite de referencia 45 individuos (62,58%) mientras que para el grupo ambientalmente expuesto los superan 28 personas (66,66%).

Las concentraciones de agua y pescado se presentan en la tabla 4, en donde se pudo identificar que no se superan los valores límites permisibles de mercurio para ninguno de las matrices

Tabla N° 4. Niveles de mercurio en muestras de agua y pescado

Estadísticos Matrices Ambientales		
	Agua	Pescado
Mínimo	0,00001	0,074
Máximo	0,00003	0,872
Media	0,000015	0,3918
Desviación Estándar	0,00000957	0,423
Mediana	0,000015	0,391

Valor límite permisible agua (1,0 µg/L) y pescado (1µg/g para carnívoros y 0,5 µg/g para omnívoros y no carnívoros). (Fuente: Ministerio de Salud y Protección Social).

Los niveles de mercurio se relacionaron con variables de importancia como se muestra en la tala N° 5, encontrando diferencia estadísticamente significativa con las variables sexo, tipo de exposición, área de vivienda, trabajo en actividad minera, consumo de pescado y hábito de fumar. Con las variables edad ($p=0,367$) y tiempo de trabajo en minería ($p=0,518$) no se encontró relación significativa,

Tabla N°5. Relación de niveles de mercurio con variables socio-demográficas, laborales y hábitos de la población del municipio de Nechí (Antioquia).

VARIABLE		NIVELES DE MERURIO EN CABELLO MEDIANA (Q1;Q2)	VALOR p
Sexo	Femenino	1,3457 (0,9134; 1,9006)	0,001
	Masculino	3,1588 (1,6687; 4,1757)	
Exposición	Expuestos Ocupacional	3,06 (1,68;4,17)	0,000
	Expuestos Ambiental	1,73 (1,16;3,72)	
	Cabecera Municipal	3,12 (1,34;6,39)	

Área	Rural	2,19 (1,40;3,48)	0,000
Trabaja en actividad minera	NO	1,77 (1,15;3,93)	0,000
	SI	3,20 (2,08; 4,15)	
Consumo de Pescado	NO	1,49 (1,21;3,74)	0,000
	SI	2,49 (1,41; 4,16)	
Ha fumado	NO	2,09 (1,19; 4,09)	0,000
	SI	3,12 (1,77; 4,03)	

DISCUSIÓN

Nechí es un municipio de Colombia, localizado en la subregión del Bajo Cauca del departamento de Antioquia. Su agricultura corresponde a arroz, maíz, yuca, plátano y ñame morado. Igualmente tiene desarrollo económico en ganadería de levante y leche, carne, madera, pesca y minería de oro. Esta población está expuesta a mercurio por la explotación de oro y a plaguicidas por el trabajo agrícola que desarrolla la región (Alcaldía del municipio Nechí, 2005).

La minería en el municipio es desarrollada en su mayoría por hombres de manera informal que se encuentran afiliados al régimen subsidiado en salud. Esto es consistente con lo evaluado en Colombia, en donde en general este tipo de oficio es desarrollado por trabajadores informales con bajo nivel de escolaridad y poco acceso a servicios médicos, y que, en su mayoría, tienen una baja percepción del riesgo por exposición a mercurio que inherentemente conlleva a que no se acuda con frecuencia a servicios en salud. (Díaz, 2016).

Uno de los principales hallazgos del estudio es la diferencia significativa en los niveles de mercurio en cabello entre la población ocupacional y ambientalmente expuesta, donde se pudo evidenciar que la población expuesta laboralmente presentó niveles más elevados de este contaminante, con una media de 3,96 ppm (DE:3,56 ppm). Sin embargo, ambos grupos superan el valor de referencia de 1,00 ppm (World Health Organization, 2008). Dentro del grupo ocupacionalmente expuesto el 72,58% superan dicho valor, en donde se encuentran valores de hasta 17,14 ppm, mientras que, para el grupo expuesto ambientalmente, el 66,66% superan el valor de referencia con un valor máximo de 6,45 ppm.

Al comparar los resultados de esta investigación con los encontrados en un estudio realizado en la Orinoquía Colombiana en población expuesta a mercurio por minería

aurífera, igualmente se concluye que la población presenta altos niveles de mercurio en cabello, por encima del valor máximo permisible (Idrovo, 2001). Sin embargo, los valores medios son superiores a los presentados en este artículo, 26,93 ppm para expuestos ocupacionales y de 22,86 ppm para expuestos ambientales. (Idrovo, 2001).

Se han realizado diversos estudios en Colombia para determinar la contaminación de este contaminante en zonas con minería de oro como la Mojana, Chocó, Nariño y Vaupés (González, 2018), en donde se puede resaltar una gran diferencia debido a que se presentan mayores niveles de mercurio en los análisis en cabello en población ambientalmente expuesta que en la expuesta ocupacional en contraste con los resultados del presente estudio, en donde la población ocupacionalmente expuesta presenta niveles superiores de mercurio en cabello con una media de 3,96 DS(3,56) contra una media de 2,43 DS(1,8) de los ambientalmente expuestos.

Por otro lado, con respecto a los datos recolectados en matices ambientales (agua y pescado) no se encuentran datos significativos que estén por encima de los límites permisibles (González, 2018) al igual que el en presente estudio.

Sin embargo, en el presente estudio se evidencia que un alto porcentaje de la población es consumidora frecuente de pescado - 91,9% de los expuestos ocupacionales y 88,1% de los ambientalmente expuestos -, hábito que puede generar efectos adversos para la salud por contaminación de metil-mercurio por su propiedad de bioacumularse y biomagnificarse en especies depredadoras y que tienen un mayor tamaño y que viven más años, afectando el desarrollo fetal y siendo los niños los más vulnerables a los efectos neurotóxicos de este contaminante procedente de la ingesta de pescado contaminado. (González, 2014).

Otro de los datos relevantes del estudio y donde se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos, es la procedencia del pescado que consumen ya que la fuente principal de los expuestos ocupacionalmente es de agua contaminada por la minería (78,9%). Estos datos pueden relacionarse con los altos niveles de mercurio encontrados en cabello para este grupo de exposición, así como el hecho de trabajar en minería y con el contaminante de manera directa.

En este estudio se evidenció el uso deficiente de elementos de protección personal en la población expuesta, lo que hace que esta sustancia pueda penetrar fácilmente por vía inhalatoria y dérmica, con graves consecuencias en la salud debido a la exposición crónica. Igualmente, se observaron fallas en las medidas de higiene, ya que algunos de los trabajadores expuestos reportaron consumir alimentos y fumar en el sitio de trabajo, lo que incrementa la absorción.

Es importante reconocer la problemática del municipio, ya que los altos niveles de mercurio elemental y de los compuestos inorgánicos desencadenan alteraciones del sistema nervioso central con disminución de la productividad, pérdida de la memoria, debilidad muscular, depresión mental y temblor fino, que se puede transformar en fibrilación muscular (micromercurialismo). Además, trastornos psíquicos con facies depresiva como tristeza, timidez, llanto inmotivado, insomnio e indiferencia, excitabilidad, ansiedad, somnolencia y delirio (eretismo mercurial).

Los compuestos orgánicos generan parestesias, ataxia, trastornos visuales, disartria, defectos auditivos y estrechamiento del campo visual (visión en túnel). La sintomatología es consecuencia de una neuroencefalopatía tóxica. (OMS, 2017).

CONCLUSIONES

La población del municipio de Nechí (Antioquia) se encuentra expuesta a mercurio tanto de forma ocupacional como a través de matrices ambientales.

Se presentaron altos niveles de mercurio en cabello para los expuestos ocupacional y ambientalmente, superando el límite de referencia en ambos grupos (1,00 ppm) y encontrando los niveles más altos en los expuestos a nivel laboral.

La exposición a este metal es crónica ya que las personas residen y laboran en la zona hace más de 20 años, pudiendo presentar efectos sobre la salud.

Aunque no se encontraron valores elevados de mercurio en las muestras tomadas de agua y pescado, la población general sí presentó niveles de mercurio por encima de los valores límites permisibles.

La población ocupacionalmente expuesta no emplea elementos de protección personal adecuados y se reportaron fallas en las medidas de higiene.

RECOMENDACIONES

Como medida general es primordial ampliar y mejorar el acceso a los servicios de salud de la población expuesta, junto con campañas educativas para incrementar la percepción del riesgo con respecto a los síntomas por exposición y/o intoxicación por mercurio. Es importante realizar una intervención efectiva en la población, con un manejo diferencial teniendo en cuenta el tipo de exposición (ocupacional o ambiental) presente en el municipio. Con respecto a los ocupacionalmente expuestos, se puede empezar con ofrecerles acceso a elementos de protección personal y capacitación en el uso de estos, teniendo en cuenta que en su mayoría declararon no usar dichos elementos. Con relación a los expuestos ambientalmente, el ente gubernamental competente debe realizar monitoreos frecuentes (biológicos y ambientales) para dimensionar de mejor manera la

problemática de la zona de influencia de la minería del municipio que permita generar programas e intervenciones eficaces, asegurar el acceso a agua y alimentos aptos para el consumo y que no se encuentren contaminados con mercurio, así como controlar los vertimientos de contaminante a los cuales se ve expuesta la población.

CONFLICTO DE INTERESES

Este estudio hace parte del proyecto macro denominado “Evaluación de la exposición a mezclas de contaminantes ambientales y efectos en salud en población rural de tres departamentos de Colombia, 2020”, financiado por Minciencias mediante contrato 905 de 2019.

REFERENCIAS

1. Instituto Nacional de Salud. (2018). Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia. Informe técnico especial 10. Observatorio Nacional de Salud ONS. Recuperado de: <https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Informes/10%20Carga%20de%20enfermedad%20ambiental%20en%20Colombia.pdf>
2. Cadavid, N., Arango, A. (2020). El mercurio como contaminante y factor de riesgo para la salud humana. Revista LaSallista de Investigación, Vol. 17, N° 2. DOI: 10.22507/rli.v17n2a21
3. Machado, C. S., Fregonesi, B. M., Alves, R. I. S., Tonani, K. A. A., Sierra, J., Martinis, B. S., Segura-Muñoz, S. (2017). Health risks of environmental exposure to metals and herbicides in the Pardo River, Brazil. Environmental Science and Pollution Research, 24(25), 20160–20172. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9461-z>
4. Diaz, A. (2021). Intoxicaciones por sustancias químicas. Instituto Nacional de Salud. <https://INTOXICACIONES%20PE%20XII%202021.pdf>
5. Muñoz.-Vallejo, L. F., García.-Ardila, L. F., & de los Ángeles Rodríguez.-Gázquez, M. (2012). Percepción sobre daños a la salud y utilidad de medidas de protección de personas expuestas ocupacionalmente al mercurio en la minería del oro. Revista Lasallista de Investigación, 9(1), 53–61.
6. Ospina, J. D., La minería deja sus marcas en las ciénagas de Nechí. Universidad de Antioquia, Colombia. (2020) http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticia/!ut/p/z0/fYwxD4lwFIT_igsj6bNi1ZE4mBgHB2Ogi3kpiTyIfQUq8ecLOhgXl8vdl7sTWhRCexzoipHYYzPmUqvLerOV8zyDA6hMQa6O2Xlld4vTGcRe6P-F8YFubatz0Q37aJ9RFIG7iM2jspgA9r-pZmc_ftKZ50iGsE_gvfZU8dT64mA74ooMY-PQYbRdAo78SDH11tSUBnSprVYgU8-DBAKi3HX5AtbORFw!/
7. Stanaway, J. D., Afshin, A., Gakidou, E., Lim, S. S., Abate, D., Hassen Abate, K., ... Factor Collaborators, R. (2018). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks

or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. In *The Lancet* (Vol. 392). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32225-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32225-6)

8. Idrovo A., Manotas I., Villamil G. et al (2001). Niveles de mercurio y percepción del riesgo en una población minera aurífera del Guainía (Orinoquia colombiana).
9. González Y. (2018). Informe de estudios realizados en relación con la exposición a mercurio. Recuperado de: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/informe-de-estudios-hg.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/informe-de-estudios-hg.pdf)
10. United Nations Environment Programme, World Health Organization. (2008) Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure.
11. Diaz, S., Muñoz, M., Palma, R. et al (2016). Exposición ocupacional y ambiental a mercurio en el departamento de Choco, Colombia, 2015-2016: Informe preliminar.
12. OMS (2017). El mercurio y la Salud. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health#:~:text=Tras%20la%20inhalaci%C3%B3n%20o%20ingesti%C3%B3n,o%20disfunciones%20cognitivas%20y%20motoras.>
13. 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/ProyexionMunicipios2005_2020.xls
14. OMS, (2017). Medicina preventiva ocupacional y ambiental. Editorial Manual Moderno. Riesgo químico, Capítulo 10; 2022
15. González, E., Montserrat et al. (2014). Exposición al metilmercurio en la población general; toxicocinética; Diferencias según el sexo, factores nutricionales y genéticos. *Nutrición Hosp.* [en línea]. 2014, vol.30, n.5, pp.969-988. ISSN 1699-5198. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.30.5.7727>.