



Universidad del  
**Rosario**

**DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A PLOMO EN POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE ARANZAZU  
(CALDAS)**

**Investigador principal**

Heidy Paola Ortiz Bocanegra

**Coinvestigador(es)**

Marcela Eugenia Varona Uribe

Gilma Hernández

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

**Bogotá, 2022**

**DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A PLOMO EN POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE ARANZAZU  
(CALDAS)**

Estudiante(s):

**Heidy Paola Ortiz Bocanegra**

Asesor temático:

**Marcela Eugenia Varona Uribe**

Asesor metodológico:

**Gilma Hernández**

**Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo  
Universidad del Rosario**

**Bogotá D.C., 2022**

## **DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A PLOMO EN POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE ARANZAZU (CALDAS)**

Ortiz Bocanegra H., Hernández G., Varona, Uribe M.

**Introducción:** De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) el plomo es uno de los grandes contaminantes ambientales que genera efectos sobre la salud de especial preocupación en niños y mujeres embarazadas desencadenando problemas de comportamiento y aprendizaje. En adultos expuestos de ha visto relacionado con efectos cardiovasculares, neurológicos, y disminución de la función renal, entre otros. En Colombia, las actividades mineras generan contaminación con metales pesados como el Plomo en las diferentes matrices ambientales, con potenciales efectos sobre la salud humana y sobre los componentes del ecosistema, constituyendo además un factor de riesgo en la seguridad alimentaria.

**Objetivo General:** Determinar la exposición a plomo en población del municipio de Aránzazu (Caldas).

**Materiales y métodos:** se planteó un estudio de tipo descriptivo transversal, realizando un muestreo no probabilístico en un grupo de 100 personas las cuales están ambientalmente expuestas a plomo. Se realizó mediciones de dicho metal en muestras biológicas (cabello) y en muestras ambientales (agua y pescado). Adicionalmente se hizo caracterización socio – demográfica y se indago por los antecedentes laborales, de exposición ambiental y hábitos en la población estudio.

**Resultados:** De una muestra de 102 individuos encuestados, el 64.7% fueron de sexo masculino, el promedio de edad fue de 41.7 (DE: 15.2), el 51% de la población trabaja en agricultura, ningún encuestado tiene como ocupación actual la minería y el 53.9% se encontraba ocupacionalmente expuesto a plaguicidas. En cuanto a las fuentes de agua el 63.7% de la población consume agua de la llave y el 24.5% de pozos naturales. Las concentraciones de plomo en cabello se encontraron en promedio de 1.1 ppm (DE:1.3 R:0.1 ≤ 0.5 ≤ 4.7)), las concentraciones de plomo en agua en promedio fueron de 0.00334 µg/l (DE: 0.00225 µg/l, R: 0.0002 ≤ 0.0038 ≤ 0.0058) y en pescado no se encontraron concentraciones de plomo. El 58.8% reportó consumir enlatados y de estos el 48.3% lo realiza por lo menos 1 vez al mes.

### **Conclusión**

Esta investigación mostro el panorama de exposición a mezclas de sustancias químicas (plaguicidas y metales) provenientes de las actividades agrícolas, pero también de la contaminación ambiental a la que se encuentra expuesta la población.

**Palabras clave:** PLOMO, CONTAMINANTES, METALES PESADOS,

## INTRODUCCION

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) el plomo es uno de los grandes contaminantes ambientales que genera efectos sobre la salud de especial preocupación en niños y mujeres embarazadas desencadenando problemas de comportamiento y aprendizaje, un menor coeficiente intelectual e hiperactividad, problemas de crecimiento, anemia y en algunos casos por ingestión puede causar convulsiones, coma e incluso la muerte, en el caso de mujeres embarazadas una reducción en el crecimiento del feto o partos prematuros. En adultos expuestos de ha visto relacionado con efectos cardiovasculares, aumento de la presión arterial, disminución de la función renal y riesgo de problemas reproductivos tanto en hombres como en mujeres. (1)

El plomo es un metal toxico presente de forma natural en la corteza terrestre, su uso generalizado ha dado lugar a una contaminación ambiental generando exposición humana y efectos sobre la salud. (1) Entre las principales fuentes de contaminación se destacan la explotación minera, metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje de baterías, y en algunos países el uso de pinturas y combustible para la aviación con este elemento. (1)

Las personas suelen estar expuestas en su entorno laboral y en su hogar por medio de inhalación de vapores generados por la combustión de materiales que contienen metal y por ingestión de polvo, agua o alimentos contaminados (1). Además algunos estudios sugieren la posibilidad de contaminación de los suelos y los agro ecosistemas, especialmente en las pasturas tropicales, sus estructuras y raíces.(2) Otra posible fuente de intoxicación es el uso de ciertos tipos de medicamentos tradicionales y cosméticos con este metal. (1)

El Instituto de Sanimetria y Evaluación Sanitaria estimo que en el 2019 la exposición a plomo causo 900.000 defunciones y la pérdida de 21,7 millones de años de vida sana en todo el mundo, debido a sus efectos a largo plazo. (1)

Min Gi Kim et al. en Corea realizó un estudio entre los años 2000 a 2004 a 12,600 trabajadores expuestos a plomo, con niveles en sangre de 10  $\mu\text{g}/\text{dL}$  y su relación con la hipertensión arterial en los trabajadores, indicando que la presión arterial diastólica y sistólica, se asocian estadísticamente con niveles de plomo en sangre mayores e iguales a 6,87  $\mu\text{g}/\text{dL}$ , lo que demuestra la posibilidad de tener Hipertensión arterial a pesar de que los niveles estén por debajo de los valores límites permitidos.(3)

En España en el 2010 Etxabe et al. realizaron un estudio para valorar la exposición a plomo y otros metales por medio de las tuberías que transportan el agua de consumo a la Comunidad Autónoma del País Vasco, encontrando que solo el 1,75 % de las viviendas de las zonas de abastecimiento superaban los 10  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Dentro de las recomendaciones indicadas es que a pesar de no tener un porcentaje alto de superación de los niveles de plomo según la normativa de la época, si es necesario identificar la presencia de tuberías de plomo y su riesgo derivado.(4)

Según la OSHA en los trabajadores se deben tener máximo 0,05  $\text{mg}/\text{m}^3$  por jornada de trabajo de 8 horas, en aquellos que trabaja directamente con este metal, como lo son trabajos como producción de baterías, de acumuladores, municiones, revestimientos de cables, pigmentos, vidrios, vidriados para cerámica, metales de fundición y soldadura.(5)

En Estados Unidos en mayo de 2021 se determinó bajar el umbral de seguridad de plomo en sangre de 5  $\mu\text{g}/\text{dl}$  a 3,5  $\mu\text{g}/\text{dl}$  en los niños, por parte del Comité Asesor de Prevención y Exposición al Plomo (LEPAC) de acuerdo a los datos más recientes de la encuesta nacional de examen de salud y

nutrición, que van de la mano con las inequidades sociales y dificultades de agua potable o acceso a servicios de salud.(6) En cuanto a la ACGIH el índice biológico de exposición es de 20 mg/dl en sangre en adultos.(7)

En Colombia el IDEAM realizó en el año 2013, 180 muestreos de agua para analizar presencia de cromo y plomo, encontrando niveles críticos de plomo de 12,3 mg/kg en mediciones del 2007 al 2013 en los ríos Marmato, Altos en el río Bogotá en los municipios del Colegio y Tocaima, en el Río Cauca en Cali, Río La Pintada en Popayán, Ríos Achi y Pinillos en Bolívar, Río Nechí, Río Man en Cauca, Río San Andrés de Antioquia, Río Pasto, Río Suaza en Garzón Huila, y Río Amazonas en Leticia.(8)

A nivel nacional la ley 2041 de 2020 dispuesta por el Congreso de Colombia por medio del cual se garantiza el derecho a las personas a desarrollarse en un ambiente libre de plomo, fijando límites para su contenido en productos comercializados en el país, en donde se determina que la concentración máxima de plomo en sangre debe estar por debajo de 5 µg/dl en niños, niñas y mujeres embarazadas y de 10 µg/dl en adultos (9) y la Resolución 2115 de 2007 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano determina niveles permisibles de plomo en agua de 10 µg /ml (ppm) (10), además, se han realizado estudios que evidencian la posibilidad de encontrar alimentos contaminados con plomo como el desarrollado por Madero A, Marrugo J. , quienes realizaron un estudio en los valles del río Sinú y San Jorge en Córdoba con el objetivo de evaluar la presencia de metales pesados en los productos cárnicos derivados de bovinos con concentraciones de plomo y mercurio tanto a nivel muscular como en hígado, encontrando valores de plomo de  $0.044 \pm 0.022$  µg/g en músculo y en hígado  $0.059 \pm 0.020$  µg/g esto genera alertas, pues si bien no son concentraciones elevadas, estas situaciones debieran ser atendidas para evitar un incremento de estos metales en el ganado y su potencial riesgo para la salud humana. (11)

El SIVIGILA para el año 2013 notificó 125 casos de intoxicación con metales pesados, de los cuales el 16% fueron intoxicaciones con plomo, como segundo metal pesado después del mercurio.(12) Por otro lado en el 2015 se presentaron 93 casos de intoxicación por metales pesados cerca del 0.3%, sin especificarse cuántos de estos fueron por plomo.(13) En algunos territorios del país se ha propiciado la minería como trabajo esencial, aumentando el contacto con metales pesados, además de las actividades agrícolas, facilitando la exposición de la población a estos. El departamento de Caldas (52%) hace parte de los territorios con ciertas actividades mineras, pero en su mayoría las actividades agrícolas. (14) En el municipio de Aránzazu la mayor parte de sus actividades son agropecuarias (especialmente café, plátano caña, panela, frijol maíz y aguacate) y como antecedente tuvo una mina en mercurio que fue cerrada en el año 1970.

Es por esta razón que se considera importante esta investigación, ya que proporcionara datos específicos de posibles concentraciones de plomo en muestras biológicas específicas (cabello) en la población estudio, obtener este tipo de datos permite generar no solamente nuevos conocimientos, sino que permiten a las instituciones el diseño de estrategias para la protección del medio ambiente y el marco normativo en salud pública. (15)

## MATERIALES Y METODOS

Se llevó a cabo un estudio descriptivo transversal, en el que se incluyó población ambientalmente expuesta para determinar los niveles de plomo en muestras biológicas y ambientales del municipio de Aranzazu (Caldas).

La población objeto de estudio fue seleccionada mediante un muestreo por conveniencia. La muestra se calculó teniendo en cuenta la población de Aranzazu (Caldas) en el aplicativo Open Epi. la cual fue de 12.815 de acuerdo al Censo de 2005. La frecuencia esperada del factor de estudio fue del 30.3%, que correspondió 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%. Se incluyó una muestra de 100 individuos teniendo en cuenta un 20% de pérdidas.

Las variables que se tuvieron en cuenta fueron sociales y demográficas (edad, sexo, escolaridad, afiliación al SGSSS.), laborales (oficio actual, tiempo en el oficio, antecedente de trabajo en actividades mineras, frecuencia semanal de uso de sustancias químicas, medidas de higiene), ambientales (residencia en área de minería o de influencia agrícola, fuente de agua), hábitos alimenticios (consumo de agua y enlatados), toxicológicas (condición de fumador y consumo de alcohol), biológicas (cabello como indicador de exposición) y ambientales (niveles de plomo en agua y pescado).

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 metales pesados, población expuesta ambientalmente a mezclas metales pesados que hayan vivido al menos seis meses en la zona y población de áreas urbana y rural del municipio de Aranzazu (Caldas). 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.

A la totalidad de los individuos seleccionados se les aplicó una encuesta adaptada del instrumento de evaluación en salud del Global Mercury Project. (16)

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.

Se llevó a cabo en un 10% del total de la muestra de individuos, una prueba piloto con el objeto de hacer posteriormente los ajustes necesarios tanto de instrumentos como de tiempos y movimientos. Se desarrolló aplicando el formulario a través de llamadas telefónicas, en la que investigadores del estudio capacitados para esta actividad realizaron las preguntas a un total de 10 personas. Estos participantes, no formaron parte de la población muestra seleccionada en la investigación.

Se tomaron muestras biológicas de cabello a cada participante, previa explicación de los procedimientos y firma del consentimiento informado, en región occipital del cuero cabelludo. La toma de estas muestras estuvo a cargo de los profesionales de salud.

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 plomo en agua se realizó por espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío (CVAAS). Se tomaron 6 muestras de 1 litro para el análisis de plomo de ríos cercanos al municipio de Aránzazu (Caldas).

La recolección de muestras de pescado estuvo a cargo de un funcionario de la secretaria de salud municipal, quien selecciono 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.

En relación a los métodos para el control de la calidad de los datos y sesgos para esta investigación, se consideró el sesgo de Selección para lo cual se realizó una definición de criterios de inclusión y exclusión claros anteriormente mencionados y el cálculo de tamaño de muestra con una confianza del 95%. Para el sesgo de Información del observador se realizó una capacitación y estandarización de 8 horas en entrevistas, toma y almacenamiento de muestras y un refuerzo de la capacitación y entrenamiento de los encuestadores en campo. En cuanto al sesgo de información de instrumentos se realizó un ensayo piloto de formulario y prueba piloto de formato de recolección de Información, el uso de reactivos certificados y un análisis de metales pesados con métodos estandarizados y documentados. El sesgo de memoria se controló al aplicar una encuesta estandarizada a todas las personas y realizando un entrenamiento a encuestadores. El sesgo de información fue controlado con Prueba piloto para estandarizar instrumentos y problemas logísticos, ajustados antes del inicio del estudio y el sesgo de confusión por medio la identificación de sesgos en fase de planeación y análisis estadístico de información.

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.

Las consideraciones éticas de acuerdo a 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. La información de los individuos fue manejada

en forma confidencial, con conservación del anonimato de cada persona, de acuerdo con la legislación en Colombia para el manejo de la historia clínica y datos personales. 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

De una muestra de 102 individuos encuestados, el 64.7% eran de sexo masculino y el excedente de sexo femenino, el promedio de edad fue de 41.7 (D.E. de 15.2) con un rango de edad 19 años y 83 años, el 76.5% se encontraban en área rural y el resto en la cabecera municipal de Aránzazu. En cuanto al nivel educativo el 21.6% se cursó secundaria incompleta y solo el 9.8% tenía una carrera profesional culminada, además el 4.9% reportó ser analfabeta. tiene un El 51% la población objeto del estudio informó laborar en agricultura y un 26% se encuentra desocupado, ningún encuestado informó como ocupación actual la minería. En cuanto a los hábitos en la población muestra se observa que el 53.2% no fuma y el excedente si lo hace e, el 46.1% ha fumado alguna vez, el 31.8% fuma en su sitio de trabajo y el promedio de cigarrillos fumados en el día es de 6.1 cigarrillos. Por otro lado, el 42.2% consume licor, de quienes lo consumen el 95.3% lo hace de manera ocasional. Finalmente, de la muestra ninguna persona manifiesta haberse intoxicado con metales pesados (tabla 1).

Frente al consumo de agua y enlatados se encontró que el 63.7% de la población consume agua de la llave y el 24.5% de pozos naturales y el 58.8% consume enlatados y de esta proporción el 48.3% lo realiza por lo menos 1 vez al mes.

**TABLA 1: Caracterización sociodemográfica, laboral y hábitos de la población del municipio de Aránzazu (Caldas)**

VARIABLE	ITEM	VALOR	%
Sexo	Femenino	36	35.3%
	Masculino	66	64.7%
Nivel educativo	Analfabeto	5	4.9%
	Primaria incompleta	21	20.6%
	Primaria completa	20	19.6%
	Secundaria incompleta	22	21.6%
	Secundaria completa	19	18.6%

	Técnico incompleto	1	1.0%
	Técnico completo	3	2.9%
	Universitaria Completa	10	9.8%
	Universitaria Incomple	1	1.0%
Afiliación a EPS			
	Contributivo	73	71.6%
	Subsidiado	28	27.5%
	No afiliado	1	1.0%
Oficio	Administrativas	17	16.7%
	Agricultura	52	51.0%
	Ninguno	27	26.5%
	Oficios varios	1	1.0%
	Otras profesiones	3	2.9%
	Servicios educativos	1	1.0%
	Servicios sanitarios	1	1.0%
Trabaja actualmente en minería	Si	0	0
	No	102	100.0%
Fuma	No	25	53.2%
	Si	22	46.8%
Antecedente de fumar	No	55	53.9%
	Si	47	46.1%
Cigarrillos al día	1	4	18.2%
	2	1	4.5%
	3	6	27.3%
	4	2	9.1%
	5 a 20	2	40.8%
Fuma en su sitio de trabajo	No	15	68.2%
	Si	7	31.8%
Consumo de Licor	No	59	57.8%
	Si	43	42.2%
Frecuencia de consumo de Licor	Semanal	2	4.7%
	Ocasional	41	95.3%
	No	102%	100%

Intoxicación con metal pesado	Si	0	0
Fuente consumo de agua	1. 1. Llave	65	63.7%
	2. 2. Botellón	4	3.9%
	3. 3. Río	6	5.9%
	4. 4. Agua de lluvia almacen	2	2.0%
	5. 7. Pozo natural	25	24.5%
Consumo de enlatados (pescado)	No	42	41.2%
	Si	60	58.8%
Frecuencia de consumo de pescado (enlatados)	Diario	1	1.7%
	Semanal	13	21.7%
	2/veces sem	10	16.7%
	Cada 15 días	7	11.7%
	Mensual	29	48.3%

Respecto a los elementos de protección personal, solo fueron respondido por las personas que actualmente trabajan en el área de agricultura, puesto que en minería no se encuentran actualmente laborando, de estas personas el 87.8% utilizan uniforme o ropa de trabajo, el 93% se cambia de ropa al terminar su trabajo, el 73.5% se cambia a diario su ropa de trabajo y el 20.4% lo hace 2 veces por semana, el 59.2% realiza lavado de su ropa de trabajo en casa y el excedente lo realiza en el lugar de trabajo, el 95.9% no consume alimentos en su lugar de trabajo, el 85% siempre se ducha el cuerpo después de trabajar y el 12.2% nunca lo hace. El resto de variables se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2: Elementos de Protección Personal (EPP) y hábitos en el trabajo de la población ocupacionalmente expuesta del municipio de Aránzazu (Caldas)**

ELEMENTO DE PROTECCION PERSONAL (EPP)/HÁBITOS EN EL TRABAJO		CANTIDAD	%
Tipo de ropa para trabajar	Ropa de diario	6	12.2%

	Uniforme o ropa de trabajo	43	87.8%
Se cambia de ropa	No	3	6.2%
	Si	45	93.8%
Cada cuanto se cambia la ropa	Diario	36	73.5%
	Una vez/sem	2	4.1%
	2 veces/sem	10	20.4%
	3 veces/sem	1	2.0%
Lugar donde lava ropa de trabajo	En el lugar de trabajo	20	40.8%
	En la casa	29	59.2%
Consume alimentos en el trabajo	No	47	95.9%
	Si	2	4.1%
Frecuencia consumo de alimentos	Siempre	1	50.0%
	A veces	1	50.0%
Lavado de las manos antes de comer	Siempre	2	100.0%
Se ducha el cuerpo	Siempre	42	85.7%
	A veces	1	2.0%
	Nunca	6	12.2%
Uso de peto o delantal	No	33	67.3%
	Si	16	32.7%
Tipo de material del peto	CAUCHO	5	31.2%
	CUERO	4	25.0%
	Plástico	7	43.8%
Uso de Guantes	No	9	18.4%
	Si	40	81.6%
Tipo de material de los Guantes	Carnaza	1	2.6%
	Caucho	12	30.8%
	Lana	4	10.3%
	Látex	9	23.1%
	Nitrilo	4	10.3%
	No sabe	3	7.7%
	Plástico	5	12.8%

	Tela	1	2.6%
Uso de Respirador	No	11	22.4%
	Si	38	77.6%
Uso de tapabocas desechable	No	31	63.3%
	Si	18	36.7%
Uso de pañuelo húmedo	No	49	100.0%
Uso de sombrero o gorra	No	1	2.0%
	Si	48	98.0%
Uso de visor	No	33	67.3%
	Si	16	32.7%
Uso de mono gafas	No	32	65.3%
	Si	17	34.7%
Uso de botas de caucho	Si	49	100.0%
Uso de botas en Cuero	No	46	93.9%
	Si	3	6.1%
Uso de zapatos	No	49	100.0%
Uso de Tenis	No	49	100.0%
Uso de Protectores Auditivos	No	48	98.0%
	Si	1	2.0%
Uso de Casco	No	49	100.0%
Uso de otro EPP	No	49	100.0%

En cuanto a las muestras ambientales en las muestras de pescado, no se encontró ningún nivel de plomo, sin embargo, el nivel de agua en promedio fue de 0.0038  $\mu\text{g/ml}$  (ppm) en comparación con el nivel establecido por la norma colombiana Resolución 2115 de 2007 (10) de 10  $\mu\text{g/ml}$  (ppm). En cuanto a cabello el nivel promedio de plomo fue de 1.1  $\mu\text{g/gr}$  (ppm) (DE: 1.3) (tabla 3).

**Tabla 3. Niveles de Plomo en Cabello de la población del municipio de Aránzazu (Caldas) y niveles de Plomo en Agua**

Muestras de plomo en cabello (ppm)		Valores de referencia
Mín	0,1	<b>1.46 ± 0.208</b> µg/gr (ppm) Tomados de Liang G, Pan L, Liu X. Assessment of Typical Heavy Metals in Human Hair of Different Age Groups and Foodstuffs in Beijing
Máx	4,7	
Mediana	0,5	
Media	1,1	
DE	1,3	
Muestras en agua (ppm)		Valores de referencia
Mín	0.0002	<b>10</b> µg/ml (ppm)  Resolución 2115 de 2007 de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Máx	0.0058	
Mediana	0.0038	
Media	0.00334	
DE	0.00225	

En total 65 personas participantes en el estudio tuvieron valores de plomo en cabello por encima de 1,66 µg/gr (ppm) encontrando niveles máximos hasta de 4,7 µg/gr (ppm) y el 65.7% de la población objeto tenía niveles de plomo en cabello por encima de los valores permisibles (tabla 4).

**Tabla 4. Niveles de plomo en cabello por encima de los límites permisibles de la población del municipio de Aránzazu (Caldas)**

% Niveles mayores a valor límite permisible		
Rango µg/gr (ppm)	Número de personas	Porcentaje
0 a 1,46	34	34,34%
Mayor a 1,66-4,71	65	65,70%

Finalmente, en la tabla 5 se observa que en la población con niveles de plomo en cabello por encima de los niveles permisibles se encuentran con un promedio de 1.57 ppm en mujeres, en comparación con 0.89 ppm en los hombres, adicionalmente se encontró que las personas que fuman tienen niveles de plomo de 1.39 ppm en promedio (DE 1.5) muy cercano a los valores límites permisibles, similar al nivel de las personas que consumen enlatados con un promedio de 1.24 ppm (DE 1.41). Se reportó también que los individuos que consumen agua de lluvia y de río están mayormente expuestas, ya que se observa un promedio de 4.07 ppm (DE 0.43) y 1.69 ppm (DE 1.95) respectivamente de plomo en cabello y los que además consumen agua proveniente de pozos naturales tenían niveles promedio de 1.41 ppm.

**Tabla 5. Relación de variables sociodemográficas y hábitos con los niveles de plomo en cabello superiores a los niveles permisibles de la población del municipio de Aránzazu (Caldas)**

Variable	Promedio de plomo en cabello (ppm)	D.E.	P
Sexo			
Mujer	1,57	1,4	0,14
Hombre	0,89	1,11	
Fuma			
Si	1,39	1,5	0,27
No	1,01	1,37	
Consumo enlatados			
Si	1,24	1,41	0,39
No	1	1,01	
Fuente consumo de agua			
Rio	1,69	1,95	-
Pozos naturales	1,41	1,18	
Agua lluvia	4,07	0,43	

## DISCUSION

A nivel sociodemográfico la mayoría de la población estudiada corresponde hombres cuya ocupación más común es la agricultura. Para este grupo de estudio no se encontraron personas que actualmente estén laborando en la minería esto indica que la exposición a metales pesados y específicamente a plomo es a través de matrices ambientales como aire, agua, suelos y alimentos, además, se encontró que de la mayoría de las personas con niveles altos de plomo en cabello eran mujeres con un promedio de 1.57 ppm sobrepasando los límites permisibles, posiblemente por mayor exposición a estas matrices ambientales.

Por otro lado la población tenía una edad promedio de 41.7 años, siendo población laboralmente activa, con un nivel educativo de secundaria incompleta, seguido de primaria incompleta y completa, pero además el 4.5% es analfabeta, esto es preocupante puesto que la población estudio cuenta con un nivel educativo mínimo que puede generar menores probabilidades de realizar actividades diferentes a la agricultura e incluso a no tener ningún oficio en algunos casos y adicionalmente teniendo en cuenta que la mayoría de la población trabaja en agricultura (18) expuestos a plaguicidas, que puede dificultar realizar capacitaciones en uso y manejo de sustancias químicas. La población está expuesta a mezclas de sustancias químicas (plaguicidas y metales pesados) pudiendo desencadenar efectos sobre la salud. (1)

A nivel nacional la ley 2041 de 2020 dispuesta por el Congreso de Colombia por medio del cual se garantiza el derecho a las personas a desarrollarse en un ambiente libre de plomo, fijando límites para su contenido en productos comercializados en el país y en muestras biológicas (9), sin embargo, este estudio encontró que en la población muestra el 65.7% tenía niveles de plomo en cabello por encima de los valores permisibles, posiblemente por exposición ambiental. En cuanto a los hábitos

de la población estudiada se encuentra que en su mayoría no fuman o consumen licor, aunque sí lo hicieron alguna vez, reportan hacerlo de manera ocasional o social y en estos el promedio de niveles de plomo en cabello fue de 1.39 ppm, muy cercano a los niveles permisibles (17), esto posiblemente a causa de cigarrillos con algún nivel de plomo en su contenido (19). Por otro lado, se observa que una proporción de la muestra consume agua de la llave seguido de otro grupo importante que lo hace de pozos naturales e incluso algunos de aguas de lluvia recolectadas, esto último podría generar exposición a metales pesados como el plomo, pues al observarse las personas con niveles altos por encima de los límites permisibles y que consumen agua de pozos naturales tienen un promedio de niveles de plomo de 1.41 ppm igualmente muy cercano a los niveles permisibles (17) e incluso valores muy por encima con niveles de plomo en cabello promedio de 4.07 en quienes consumen agua de lluvia. Adicionalmente, las personas que consumen enlatados, el nivel de plomo en cabello en promedio fue de 1.24, en comparación con un promedio de 1 ppm con los que no lo consumen; refiriendo la población un consumo de enlatados por lo menos 1 vez al mes. Este dato es importante ya que otros estudios han mencionado la importancia de indagar en los alimentos enlatados, por el riesgo de contaminación con plomo por medio de envases con soldadura blanda con aleaciones con plomo y estaño y pueden contener hasta un 60% o más de plomo. (19)

En cuanto a los niveles de plomo en las muestras de agua, un nivel promedio de 0.0033  $\mu\text{g}/\text{ml}$  están por debajo del nivel límite permitido por la resolución 2115 de 2007 ( 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ), sin embargo, en las personas que tuvieron niveles de plomo en cabello por encima de los niveles límites permisibles al compararlos con las fuentes de consumo de agua, se observaron niveles de hasta 4.07 ppm, relacionado con aquellas personas que su consumo provenía de pozos naturales, ríos y aguas lluvias, esto además al compararlo con el estudio realizado en España por Etxabe et al. (4) en donde se encontraron niveles de plomo levemente por debajo del nivel permisible, muestra la importancia de evaluar la calidad del agua que viene por las tuberías y su riesgo derivado. (10)

En las muestras ambientales de pescado no se encontraron niveles de plomo, esto porque no es un metal que se bioacumule en este alimento. Ahora bien, esto no puede generalizar las condiciones alimentarias de la población pues si bien estas muestras no arrojaron niveles desfavorables, otros productos alimenticios como los enlatados y las fuentes de consumo de agua pueden ser un riesgo.

En cuanto a los niveles de plomo en cabello se encontró en el presente estudio un promedio de 1.1 ppm estando por debajo del valor de referencia, comparados con el estudio realizado por Lían G. et al. (17) en China en población general, en donde encontraron niveles de plomo en cabello con una concentración promedio de  $1,557 \pm 0,779$  ppm, además estudiaron como ruta de exposición a metales pesados el consumo de vegetales y cereales, sin embargo, la ingesta estimada a través del consumo de estos alimentos estuvo por debajo del límite de ingesta semanal tolerable provisional (PTWI). Dentro de nuestro estudio si se pudo relacionar los niveles de plomo con el consumo de agua en su mayoría de la llave y pozos naturales, junto con el consumo como el cigarrillo y los enlatados.

Finalmente, en este estudio se evidenció la exposición a plaguicidas y el uso deficiente de elementos de protección personal en la población expuesta, lo que hace que estas sustancias puedan generar 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.

## **CONCLUSIONES**

Esta investigación mostro el panorama de exposición a mezclas de sustancias químicas (plaguicidas y metales) provenientes de su trabajo en la agricultura, pero más aun de la contaminación ambiental a la que se encuentra la población.

Las concentraciones promedio de plomo en agua están por debajo de los rangos de referencia establecidas, pero los promedios de niveles de plomo en cabello de las personas que consumen agua de rio y agua de lluvia están por encima de los niveles permisibles y los que consumen agua de pozo están muy cercanos es este.

El promedio de las concentraciones de plomo en cabello también estaba por debajo del límite permisible, sin embargo, más de la mitad de la población estudiada tenia niveles de plomo en cabello por encima de estos valores.

Esta investigación no encontró niveles de plomo en pescado, se halló que en las personas que consumían enlatados, los valores de plomo en cabello promedio estaban cerca de los valores límites permisibles, al igual que en los que fumaban.

La población ocupacionalmente expuesta no siempre cumple las normas de higiene, seguridad industrial, lo cual contribuye a aumentar la probabilidad de producir efectos adversos sobre su salud.

## **RECOMENDACIONES**

Realizar más investigaciones que midan los niveles de metales en cabello, que permitan conocer los valores de la población colombiana puesto que los estudios de este tipo son escasos en el país.

Se sugiere realizar más investigaciones para la evaluación de concentraciones de plomo en el agua tanto de tuberías, ríos, aguas de lluvia almacenada, como de pozos naturales, caracterizando las diferentes fuentes hídricas de la población.

Generación de políticas públicas que fomenten la investigación a nivel ambiental, especialmente en cuanto a los diferentes contaminantes ambientales.

Empoderar a la población acerca de la importancia de generar hábitos saludables y responsabilidad de consumo, frente al riesgo de contaminación tanto con metales pesados y otros elementos como plaguicidas.

A través de la Secretaría de Salud de Aránzazu, se recomienda se realice vigilancia activa de la exposición a mezclas de sustancias químicas (metales y plaguicidas) así como acciones que disminuyan la exposición y evalúen los posibles efectos sobre la salud y el ambiente en forma conjunta con los Ministerios de Trabajo y Ambiente.

Se requiere también la inserción de los trabajadores al sistema de riesgos laborales y seguridad social y se recomienda revisar las condiciones de contratación y protección efectiva de la exposición a los plaguicidas.

### **Conflicto de intereses**

Este estudio hace parte del proyecto de investigación denominado “Evaluación de la exposición a mezclas de contaminantes ambientales y efectos en salud en población rural de tres departamentos de Colombia, 2020”, de la Universidad del Rosario, el cual a su vez hace parte del Programa de Investigación en Salud Ambiental liderado por la Universidad Industrial de Santander y financiando por Min ciencias mediante contrato 905 de 2019.

### **BIBLIOGRAFIA**

1. Intoxicación por plomo [Internet]. [citado 9 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
2. Peláez Peláez MJ, Bustamante Cano JJ, Gómez López ED. PRESENCIA DE CADMIO Y PLOMO EN SUELOS Y SU BIOACUMULACIÓN EN TEJIDOS VEGETALES EN ESPECIES DE BRACHIARIA EN EL MAGDALENA MEDIO COLOMBIANO. Luna Azul [Internet]. julio de 2016 [citado 9 de mayo de 2022];(43):82-101. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1909-24742016000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-24742016000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
3. Kim MG, Kim YW, Ahn Y. Does low lead exposure affect blood pressure and hypertension? J Occup Health [Internet]. 20 de diciembre de 2019 [citado 28 de junio de 2022];62(1):e12107. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6970393/>
4. Etxabe IZ, Cotín KC, Olalde CO, Alonso JV. [Release of lead and other metals from piping into drinking water in the Basque Country (Spain)]. Gac Sanit. diciembre de 2010;24(6):460-5.
5. New Jersey Department of Health. DERECHO A SABER: Hoja informativa sobre sustancias peligrosas [Internet]. new Jersey Department of Health; 2016 [citado 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1096sp.pdf>
6. Ruckart PZ, Jones RL, Courtney JG, LeBlanc TT, Jackson W, Karwowski MP, et al. Update of the Blood Lead Reference Value — United States, 2021. MMWR Morb Mortal Wkly Rep [Internet]. 29 de octubre de 2021 [citado 22 de junio de 2022];70(43):1509-12. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8553025/>
7. ACGIH Defining Science for OEHS Experts. TLVs and BEIs basedon the documentation of the Thresholds limit values for chemical and physicalagents & Biological Exposure Indices. Signature Publications; 2022. 265 p.
8. Franco Torres O. Informe nacional del agua - IDEAM [Internet]. Estudio Nacional delAgua. [citado 9 de mayo de 2022]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/siac/infonalagua>
9. Senado Republica de Colombia, Congreso de la Republica de Colombia. Ley 2041 de 2020 [Internet]. 2041 jul 27, 2020 p. 10. Disponible en:

<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202041%20DEL%2027%20DE%20JULIO%20DE%202020.pdf>

10. Ministerio de la Protección Social. RESOLUCIÓN NÚMERO 2115 del 22 de junio de 2007. 2115 de 2007 jul 22, 2007 p. 0-37.
11. Madero A, Marrugo J. Detección de metales pesados en bovinos, en los valles de los ríos Sinú y San Jorge, departamento de Córdoba, Colombia. Rev MVZ Córdoba [Internet]. 1 de enero de 2011 [citado 13 de junio de 2022];16(1). Disponible en: <https://revistamvz.unicordoba.edu.co/article/view/298>
12. Muñoz Guerrero MN, Díaz Criollo SM, Estévez García JA. INFORME FINAL INTOXICACIONES, 2013. [Internet]. Instituto Nacional de Salud; 2013 [citado 26 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/buscador- eventos/Informesdeevento/Intoxicaciones%202013.pdf#search=intoxicacion%20con%20plomo>
13. Guerrero MNM, Ortega LCG, Criollo SMD, Lizarazo KMC, Merchan CCD. INFORME FINAL DEL EVENTO INTOXICACIONES POR SUSTANCIAS QUÍMICAS, COLOMBIA, 2015. 2015 [citado 28 de junio de 2022];(02):55. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/buscador- eventos/Informesdeevento/Intoxicaciones%202015.pdf#search=intoxicacion%20con%20plomo>
14. Martínez A. Impacto socioeconómico de la minería en Colombia. abril de 2012 [citado 12 de junio de 2022]; Disponible en: <http://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/375>
15. Singh N, Gupta VK, Kumar A, Sharma B. Synergistic Effects of Heavy Metals and Pesticides in Living Systems. Frontiers in Chemistry [Internet]. 2017 [citado 13 de junio de 2022];5. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fchem.2017.00070>
16. Veiga MM. Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Proyecto Global Mercurio - Documentos [Internet]. Marvin B. Fried and Denise Withers; 2004 [citado 13 de junio de 2022]. Disponible en: <http://archive.iwlearn.net/globalmercuryproject.org/documents/documents.htm>
17. Liang G, Pan L, Liu X. Assessment of Typical Heavy Metals in Human Hair of Different Age Groups and Foodstuffs in Beijing, China. Int J Environ Res Public Health, 2017 Aug 14;14(8):914. doi: 10.3390/ijerph14080914.
18. Alcaldía Municipal de Aranzazu Caldas [Internet]. [citado 13 de junio de 2022]. Disponible en: [http://www.aranzazu-caldas.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.aranzazu-caldas.gov.co/informacion_general.shtml)
19. Chávez López JR. Determinación de niveles de cadmio, plomo, arsénico, níquel y cromo en cigarrillos con filtro que son expedidos en Lima Metropolitana por el método de espectrometría de absorción atómica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos [Internet]. 2019 [citado 15 de diciembre de 2022]; Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10966>