

# Evaluación de plomo en agua, suelo y su correlación con los niveles de plomo en sangre de los habitantes del centro poblado de Huacho – Ancash, Perú – 2021

*Evaluation of lead in water, soil and its correlation with blood lead levels of the inhabitants of the town of Huacho - Ancash, Peru - 2021*

 Yosef J. Avalos-Ramírez

yavalos@uns.edu.pe 

Universidad Nacional del Santa. Ancash, Perú

Recibido: 23/01/2023

Revisado: 01/02/2023

Aceptado: 19/05/2023

Publicado: 10/07/2023

## RESUMEN

El sector minero genera regalías al estado, pero también puede contaminar el ambiente y al hombre con metales pesados como el plomo que es uno de los principales productos que causan preocupación para la salud pública, ya que pueden causar diversas anomalías como cefalea, irritabilidad, hipertensión, convulsiones, enfermedades cerebro vasculares, anemia, insuficiencia renal, hepática y reproductiva, frente a ello en el año 2018 hubo una denuncia sobre una intoxicación por plomo en habitantes del centro poblado Huacho, en donde se habían analizado a 63 personas de las cuales el 71,4% tenían cantidades considerables de plomo en su sangre, el objetivo del presente trabajo es diagnosticar plomo en suelo y agua y determinar su correlación con la presencia de este metal en la sangre de sus pobladores. Se tomó muestras de agua para consumo humano directo, agua para riego de cultivos, muestras de suelo agrícola, se analizó mediante espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). Teniendo como resultado que el puquio que abastece de agua para consumo humano directo tiene 0,029 mg/L, que sobrepasa lo señalado por la legislación peruana 0,01 mg/L, así también, se encontró que todas las muestras de suelo contienen plomo desde 12,8 mg/Kg hasta 106,5 mg/Kg, que en dos de los puntos sobre pasa los límites máximos 70 mg/Kg, se concluye que la presencia de plomo en suelo y agua tiene correlación con los niveles de plomo en sangre de sus habitantes. **Palabras clave:** Contaminación, plomo en sangre y salud pública.

## ABSTRACT

The impact of mining activity does not only generate royalties to the government but also contamination by heavy metals such as lead which is one of the main products that cause concern for public health, as they can cause various abnormalities such as headache, irritability, ataxia, seizures, cerebral edema, anemia, renal, hepatic and reproductive failure. In 2018, inhabitants from Huacho (Ancash Region, Perú) complained about lead poisoning. The objective of this research is to determine lead concentrations in soil and water and their correlation with the presence of this metal in the blood of Huacho inhabitants. This research studied



the blood results from the 63 tested inhabitants since 71,4% of them had high concentrations of lead in their blood. Samples from drinking and crop irrigation water, and agricultural soil were taken, was analyzed by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). As a result, the analyzed drinking water has 0,029 mg/L, exceeding the limit of 0,01 mg/L indicated by Peruvian legislation. Also, this hat all soil samples contain lead from 12,8 mg/kg to 106,5 mg/kg, which exceeds the maximum limit of 70 mg/kg. In conclusion, the lead occurrence in soil and water correlates with the blood lead levels of Huacho in habitants.

**Keywords:** Contamination, blood lead and public health.

## INTRODUCCIÓN

En el Perú, el sector que más invierte es la minería (De Echave, 2018), la cual no sólo dinamiza la economía, sino que también causa conflictos socio-ambientales debido al impacto negativo en suelo, agua, ganado y la población (Preciado, 2011; MINAM, 2017). En el caso del plomo, es uno de los 10 productos químicos que preocupan a la salud pública, algunos efectos pueden ser: anorexia, dolor abdominal, náuseas, cefalea, irritabilidad, ataxia, convulsiones, edema cerebral, anemia, insuficiencia renal y hepática (OMS, 2021). El consumo de agua no tratada con concentraciones de plomo puede ocasionar anemia y desnutrición crónica en los niños (Salinas, 2017). Los lugares de extracción y almacenamiento de minerales como el plomo son una fuente importante de exposición para las poblaciones cercanas, (Rodríguez *et al.*, 2016; Morales *et al.*, 2018). En el Centro Poblado Huacho se habían analizado a 63 personas de las cuales el 71,4% tenían cantidades considerables de plomo en su sangre (Ancash al Día, 2018). Es preciso mencionar que muy cerca al centro poblado (6 Km aprox.) existe una explotación minera que extrae plomo. Es por ello que el presente trabajo tiene como propósito diagnosticar la presencia de plomo en agua que se utiliza tanto para consumo humano directo

como para riego de vegetales, así como también en el suelo agrícola de los alrededores del centro poblado y determinar la posible relación con los niveles de plomo en sangre hallada en este grupo importante de habitantes del centro poblado de Huacho-Quillo.

## MATERIAL Y METODOS

### Análisis del suelo

Se tomó en cuenta dos áreas de muestreo; una cercana a los puquios uno y dos que provee de agua para consumo humano y otra área muestreo de suelos agrícola en los alrededores del centro poblado, que se usa principalmente para cultivar, frutas y verduras que son consumidos por la población, de la cual se extrajeron cuatro muestras. Se utilizó el protocolo peruano de muestreo de suelos, En cada punto de muestreo, se midió un cuadrado de 50 cm por 50 cm, y 60 cm de profundidad, se homogenizó la tierra extraída para obtener un kilogramo (Bech *et al.*, 2012; MINAM, 2014). Las muestras de suelo se enviaron a Corporación de Laboratorio de Ensayos Clínicos, Biológicos e Industriales. COLECBI S.A.C., para determinar las concentraciones totales de plomo mediante espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) a través del ICP-OES según el método EPA 3050B Rev. 2 1996 / EPA6010D Rev. 5 20,

## **Análisis del agua**

Este estudio utilizó evaluaciones existentes de la calidad de agua realizados tanto por la dirección regional de salud pacífico sur, así como los informes semestrales realizados por la empresa minera COPEMINA que extrae plomo cadmio y zinc en áreas cercanas a la toma de agua para consumo humano directo (MINAM, 2017, 2015). En las fuentes de agua para consumo humano (puquios), se identificaron tres puntos de muestreo, así también se tomaron seis muestras de agua que se utiliza para riego de cultivos y bebida de animales de los principales accesos de agua al centro poblado, todo ello durante la estación seca (octubre-noviembre) del 2021, La toma de muestras de agua siguió el protocolo nacional de la Autoridad Nacional del Agua del Perú (ANA, 2016). Las muestras se enviaron a Corporación de Laboratorio de Ensayos Clínicos, Biológicos e Industriales. COLECBI S.A.C., para determinar la concentración de plomo mediante espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) según el método 200,7 de la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) - Rev. 4,4, (EPA, 1994).

## **Correlación entre la concentración de plomo en agua y suelo y la contaminación en los pobladores del centro poblado Huacho.**

Para determinar la correlación entre estas dos variables, se utilizó 23 casos previos en donde se comparó las concentraciones de plomo en agua y suelo, teniendo en consideración los ECA vigentes por la normativa nacional, siendo aceptable si es menor al límite permisible o es no aceptable si los valores fueran mayores que los límites máximos permisibles. Además, se valoró la presencia de plomo en sangre, siendo baja ( $< 0,10 \mu\text{g/dL}$ ) y alta ( $> 0,10 \mu\text{g/dL}$ ). Los datos se analizaron con el

software estadístico SPSS-27, y el coeficiente de correlación Tau b de Kendal. Esta investigación utilizó los resultados de análisis de sangre realizados a los habitantes del centro poblado de Huacho por el Laboratorio MEDLAB.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Resultados análisis de suelo agrícola**

El resultado para la muestra N° 1 y 2 arrojó 106 y 95,6 mg/Kg de plomo en suelo clasificado como agrícola ya que esta zona es utilizada como área de pastoreo de ganado, esto excede, el límite máximo permisible según Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM para suelo agrícola es de 70 mg/Kg. Para, las muestras 3, 4, 5 y 6 de áreas de cultivo, su análisis dio como resultado 12,8; 23,1; 20,5 y 54,6 mg/Kg respectivamente; se advierte que, aunque existe una importante cantidad de este metal, se encuentra por debajo de lo permitido por la legislación peruana (Tabla 1).

El análisis de suelo, el promedio general de concentración de plomo en suelo agrícola fue de 29,3 mg/Kg, lo que pudo haber ocasionado que en niños entre 1 y 10 años de edad alcancen una concentración de plomo en sangre de hasta 8,9  $\mu\text{g/dL}$ , lo que coincide con los estudios de Díaz (2016), que al diagnosticar plomo en niños y mujeres que vivían en suelos contaminados por plomo, encontró que el 53,3% de niños y un 9,4% de mujeres presentaron acumulación de plomo mayores a 10  $\mu\text{g/dL}$ . De la misma manera lo señala López (2000), que al evaluar a 137 niños que vivían cerca a los almacenes de minerales en el callao, el 92,7% tenían niveles de plomo mayores a 10  $\mu\text{g/dL}$  y el 7,3%, alcanzaron niveles menores a 10  $\mu\text{g/dL}$ . En esa misma línea se obtuvo una concentración promedio de plomo de 2,28  $\mu\text{g/dL}$  en los residentes del asenta-

miento humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, en el Callao, que se sabe existe una alta contaminación por plomo (Chávez, 2018). A su vez estos resultados concuerdan con los hallados en 3 asentamientos humanos del distrito del Callao, que tienen suelos contaminados por plomo que superan lo permitido (140 mg/Kg), al analizar a sus pobladores, arrojan que el 99,47% tienen cantidades considerables de plomo en sangre (DIRESA-Callao, 2019). Estos resultados se refuerzan con los encontrados en el Fundo Oquendo, que se encuentra cerca a la zona industrial y a los almacenes de minerales, que al evaluar plomo en sangre de 40 personas este arrojó que el 100% de habitantes tiene plomo en sangre, con valores desde 0,17 a 7,46  $\mu\text{g/dL}$  (Ortega y Landa, 2019). Lo que concuerda con los estudios realizados en Abra Pampa – Argentina, en donde se encontró una concentración promedio de plomo en suelo de 20,75 mg/Kg, y al analizar la sangre de niños de una edad entre los 7 a 8 años se determinó que el 53% de ellos resultó con 5 a 9  $\mu\text{g/dL}$  de plomo, mientras un 28,63% se les encontró rangos mayores a 10  $\mu\text{g/dL}$  (Tschambler *et al.*, 2015). Por otro lado, Flores-Ramírez *et al.*, (2012), al cuantificar plomo en suelo en localidades de San Luis de Potosí en México, encuentra valores desde 62 a 5187 mg/Kg de plomo y al realizar dosaje en sangre de niños determinó que la mayoría de ellos estaban contaminados con valores desde 0,4 hasta 52,3  $\mu\text{g/dL}$ . Estos resultados tienen relación con los encontrados en el centro poblado Paragsha en donde se sabe existe contaminación por plomo en suelo 1200 mg/kg (Díaz, 2016), tras realizar el análisis en niños encontró que el 100% de ellos estaba contaminado hasta 36 veces más el valor señalado por estándares internacionales; esto no hace más que reforzar la idea que las personas se contaminan directamente del

ambiente suelo, agua y además por la explotación minera cercana. (Source-international, 2018). Por otra parte si tomamos en cuenta la cercanía del centro poblado a la zona de extracción de plomo unos 6 Km en ruta aproximadamente, podemos pensar que la concentración de plomo en suelo se debe a su cercanía a la zona minera, por lo que esta sería una de las causas de contaminación de los habitantes del Centro poblado Huacho, lo que concuerda con los estudios realizados en la ciudad de Zacatecas-México, en donde se analizó la sangre de 80 niños que Vivian a unos seis kilómetros de un yacimiento de plomo, los resultados arrojaron que el 100% de niños tenían niveles de plomo en sangre y se concluye que esto se debe a la muy poca pavimentación de la ciudad y la concentración de plomo en suelo (González *et al.*, 2008). De la misma manera lo confirma otro estudio en la oroya, donde se evaluó madres gestantes que Vivian cerca a la fundición, dando como resultado plomo en sangre de 27,4  $\mu\text{g/dL}$  (Castro-Bedriñana *et al.*, 2013). En esa misma línea se obtuvieron resultados en el distrito de Chaupimarca que se encuentra cerca de las fundiciones, en donde se encontraron valores de plomo en sangre en niños entre 1 y 13 años desde 2,1 hasta 23,27  $\mu\text{g/dL}$  (Pacheco, 2018). Estos resultados tienen relación con los estudios de Astete, Gastañaga y Pérez (2014), en donde analizaron la contaminación de suelo residencial y cuantificaron plomo en sangre de los pobladores de tres distritos cercanos al proyecto minero Las Bambas, encontrando que en Chalhuanhuacho su suelo tiene 27,64 mg/Kg y una media en sangre de 7,6  $\mu\text{g/dL}$ , en el distrito de Progreso su suelo tiene un promedio de 29,68 mg/Kg y una media de 5,8  $\mu\text{g/dL}$  de plomo en sangre de sus habitantes. Por último, el distrito de Haqira su suelo contiene un promedio de 41,49 mg/Kg y sus pobladores 7,7  $\mu\text{g/dL}$ .

**Tabla 1.** Resultados del análisis de suelo agrícola.

N° DE MUESTRA	FECHA DE RECOLECCIÓN	COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	ALTURA (m.s.n.m.)	RESULTADO (mg/kg)	LMP (mg/kg) D.S. N° 004-2017-MINAM
1	29/10/2021	Lat. -9°15'28,69 Long. -77°54'27,82	4,198	106,5	70
2	29/10/2021	Lat. -9°15'31,54 Long. -77°54'28,12	4,202	95,6	70
3	30/10/2021	Lat. -9°18'20,13 Long. -77°56'42,47	2,958	12,8	70
4	30/10/2021	Lat. -9°18'23,93 Long. -77°55'9,85	3,009	23,1	70
5	30/10/2021	Lat. -9°18'5,45 Long. -77°56'33,40	3,110	20,5	70
6	30/10/2021	Lat. -9°18'21,14 Long. -77°56'55,60	2,956	54,6	70

### **Análisis de agua consumo humano**

La presencia de plomo en el agua y suelo ponen en riesgo el derecho a la salud y a un medio ambiente sano, es por ello que se deben tomar medidas correctoras (Reuer *et al.*, 2012). Los estudios que se realizaron en el principal puquio que abastece de agua para consumo humano arrojó 0,029 mg/L de plomo (Tabla 2), que sobrepasa el límite permitido por la legislación nacional (0,01 mg/L) según decreto supremo N° 004-2017-MINAM para Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, lo que implica que el consumo de este líquido elemento es una de las fuentes de contaminación en los habitantes del centro poblado Huacho. En la universidad nacional de Tumbes se analizó la sangre de estudiantes encontrando que el 47% tiene plomo entre 2,1 a 5,0 µg/dL, todos ellos consumen agua del río Tumbes (Rodríguez, 2018). Así, lo

mismo indica Gavilanez (2016), en su estudio del agua del río Tumbes encontró una concentración de plomo en un promedio de 0,3174 mg/L, determinando que el 100% de las personas que la consumen presenta plomo en sangre entre los 0,10 µg/dL y 0,81 µg/dL. En esa misma línea, los resultados concuerdan con los hallazgos encontrados en Hualgayoc-Cajamarca donde se determinó que el 100% de las muestras de agua para consumo humano tenían plomo en valores que superan los límites permitidos (Flores, 2018). La contaminación por plomo en personas y especialmente en niños puede ocasionar anemia y tiene relación directa con la desnutrición, así también lo menciona Franco Salinas (2017), que encontró que el agua del río Chunya presentaba concentraciones de plomo de 0,015 mg/L y a su vez se sabe que este líquido es consumido de manera directa por la población del mismo nombre y

lo relaciona directamente con los niveles de anemia, en ese sentido los resultados de esa investigación coincide con el reporte de la Red de Salud Pacífico Sur que advierte, que en el Centro Poblado Huacho, los casos de anemia para el mes de junio del 2022 alcanza 52 casos (Red de Salud Pacífico Sur, 2022). Por otra parte, la desnutrición crónica, también es un factor de riesgo que aumenta los

niveles de bioacumulación de plomo en las personas (Rodríguez *et al.*, 2016), en ese sentido cabe indicar que un informe realizado en el 2018 Proyecto Salud Y Nutrición "AMA UYU KAHUNTSU", muestra que el 48% de niños menores de 5 años sufren desnutrición crónica; además el 54% de los padres encuestados refiere no tener estudios, lo que perjudica la buena atención de sus hijos.

**Tabla 2.** Resultados análisis de agua para consumo humano directo.

Nº DE NUESTRA	FECHA DE RECOLECCIÓN	COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	ALTURA (m.s.n.m.)	RESULTADOS (mg/l)	LMP mg/l D.S. Nº 004- 2017-MNAM
1	29/10/2021	Lat. -09°15'28,83" Long. -77°54'28,1"	4,235	0,029	0,01
2	29/10/2021	Lat. -9°15'31,4726" Long.-77°54'28,1145"	4,196	0,006	0,01
3	29/10/2021	Lat. -09°17'31,99" Long. -77°56'16,0"	4,207	0,002	0,01

### **Análisis de agua para riego de cultivo**

Los resultados del análisis en las muestras 4, 5, 6, 7 y 8 es de >0,002; 0,003; 0,003; 0,003 y 0,005 mg/l respectivamente y el límite máximo permisible según decreto supremo N° 004-2017-MINAM para Subcategoría 3: subcategoría D1 Riego de vegetales y sub categoría D2 bebida de animales es de 0,05 mg/l, por lo tanto, la concentración de plomo en el agua utilizada para riego de cultivo y bebida de animales se encuentra por debajo de lo permitido por la legislación peruana. Sin embargo, cabe mencionar que la presencia de este metal pesado es tóxico para la salud humana (Tabla 3).

Se manifiesta la presencia de plomo en el agua que se utiliza para regar los cultivos de este centro poblado y esto podría ser a causa de la actividad extractiva de la “Empresa Minera COPEMINA SAC”, por movimiento de tierras y arrastre de escorrentías superficiales de los drenajes y en época de lluvias, toda vez que se demuestre su causalidad, es importante decir que la zona donde se ubica la empresa minera, presenta una geología en donde afloran rocas sedimentarias tipo areniscas, limolitas, lutitas, entre otras; razón por la cual tienen valores naturales elevados de metales pesados, pH ácido, y sulfatos (Dalens, 2018; COPEMINA, 2016).

**Tabla 3.** Resultados de análisis de agua para riego de cultivo.

Nº DE MUESTRA	FECHA DE RECOLECCIÓN	COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	ALTURA (m.s.n.m.)	RESULTADOS (mg/l)	LMP (mg/l) D.S. Nº 004- 2017-MINAM
4	29/10/2021	Lat. -9°18'24,79" Long. -77°56'37,3111"	2,900	>0,002	0,05
5	29/10/2021	Lat. -9° 18' 14,75316" Long. -77° 56' 36,0438"	2,907	0,003	0,05
6	30/10/2021	Lat. -9°18'19,9604" Long. -77°56'44,0002"	2,972	0,003	0,05
7	30/10/2021	Lat. -9°18'22,07643" Long. -77°55'9,57054"	3,006	0,003	0,05
8	30/10/2021	Lat. -9°17'31,99795" Long. -77°6'16,0786"	3167	0,005	0,05

Determinación de la correlación de los niveles de plomo sanguíneo y la presencia de plomo en suelo y agua del centro poblado de Huacho.

Cuando se aplica el Coeficiente de correlación Tau-b de Kendall, la tabla cruzada demuestra que la contaminación por plomo supera el estándar de calidad ambiental permitidos,

el 37,5% de casos registraron concentraciones de plomo en sangre mayores a 10 µg/dL, mientras que, el 20,8% de casos alcanzaron niveles de plomo menores a 10 µg/dL. Por otro lado, cuando los ECA no sobrepasan los límites permitidos, un 33,3% de casos registran niveles de plomo menores a 10 µg/dL y un 8,3% alcanzaron valores mayores a 10 µg/dL (Tabla 4).

**Tabla 4.** Tabla cruzada entre los estándares de calidad ambiental (ECA) y niveles de plomo en sangre

CONTAMINACIÓN Pb	Niveles de plomo en sangre µg/dL				Total	
	Bajo		Alto		Nº	%
	N <sup>a</sup>	%	N <sup>a</sup>	%		
ECA mayor	5	20,8	9	37,5	14	58,3
ECA menor	8	33,3	2	8,3	10	41,7
Total	13	54,1	11	45,9	24	100,0

### Correlación no paramétrica Tau b de Kendall

En la tabla 5 se observa el p valor  $0,036 < 0,05$  nivel de significancia, por lo que se concluye que, si existe correlación entre la conta-

minación por plomo de agua y suelo y los niveles de plomo en sangre en los habitantes del Centro poblado Huacho, es preciso mencionar que la correlación es inversa y moderada. Por lo tanto, se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ .

**Tabla 5.** Correlación no paramétrica Tau b de Kendall.

Estadística de Prueba	VARIABLES	Correlación r	Nivel de significancia ( $\alpha$ )	p-valor	Decisión
Tau b de Kendal	Contaminación Pb Nivel de plomo en sangre	$r=-0,438$	0,05	0,036	Se rechaza $H_0$

### CONCLUSIONES

La principal fuente de agua para consumo humano, contiene casi tres veces más (0,029 mg/L) de los valores permitidos por la legislación nacional (0,010 mg/L). El agua para consumo humano no recibe tratamiento alguno antes de ser consumida por los habitantes estimándose que es una de las fuentes de contaminación para las personas de este centro poblado.

En el agua que se utiliza para las actividades agrícolas, se determinó, que todas las fuentes de agua contienen plomo, aunque no sobrepasan los valores permitidos por la legislación nacional (0,05 mg/L).

Las muestras de suelo agrícola (muestras 3; 4; 5; 6) de los alrededores del centro

poblado, los resultados muestran que no exceden los límites máximos permitidos (70 mg/kg), así mismo, en los puntos de muestreo 1 y 2 de suelo agrícola, el análisis arrojó valores (106 y 95,6 mg/Kg), superiores a los estándares de calidad ambiental, siendo áreas en donde pastorean ganado vacuno y bovino, esto resulta alarmante ya que los animales son consumidos por la población.

Se determinó la correlación entre los niveles de plomo sanguíneo de los habitantes, con la contaminación de plomo en suelo y agua del centro poblado de Huacho, encontrando una correlación inversa y moderada, donde el p valor =  $0,036 < 0,05$  al valor de significancia, por lo tanto, concluimos que existe correlación entre los niveles de plomo sanguíneo de los habitantes, con la presencia de plomo en suelo y agua del centro poblado de Huacho.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Astete, J., Gastañaga, M., y Pérez, D. (2014). Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en las bambas, PERÚ 2010, *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31(4),695-701, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36333050012>



- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*.
- Bech, J., Duran, P., Roca, N., Poma, W., Sánchez, I., Roca-Pérez, L., Boluda, R., Barceló, J., y Poschenrieder, C. (2012). Accumulation of Pb and Zn in *Bidens triplinervia* and *Senecio* sp. spontaneous species from mine spoils in Peru and their potential use in phytoremediation. *Journal of Geochemical Exploration*, 123, 109–113, <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.06.021>
- Castro-Bedriñana, J., Chirinos-Peinado, D., y Ríos-Ríos, E. (2013). Niveles de plomo en gestantes y neonatos en la ciudad de la Oroya, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 30(3), 393-398, [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342013000300004&lng=es&tyng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342013000300004&lng=es&tyng=es).
- Chávez-Quispe, A. (2018). Determinación de niveles de plomo en pobladores adultos del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la provincia constitucional del Callao. [Tesis de título, Universidad Nacional Mayor de San Marcos] <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20,500,12672/8597#:~:text=Se%20obtiene%20una%20concentraci%C3%B3n%20promedio,concentraci%C3%B3n%20promedio%20de%20plomo%20de> <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.03.031>
- Consorcio Peruano de Minas-COPEMINA (2016). Declaración de impacto ambiental de la "U.E.A. COPEMINA" <https://es.scribd.com/document/359441606/DIA-Copemina-Final>.
- Consorcio Peruano de Minas-COPEMINA (2020). Informe de monitoreo de calidad ambiental de agua, aire, ruido y suelo concesión minero "el Extraño" UEA COPEMINA. Dirección de energía y minas del gobierno regional de Ancash.
- Dalens, J. (2018). Evaluación de la calidad del agua de la cuenca llallimayo de la provincia de Melgar, región de Puno. [Tesis de Maestría Universidad José Carlos Mariátegui] <http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20,500,12819/640>
- De Echave, J. (2018). Diez años de minería en el Perú 2008-2017, Edit Nova Print S.A.C.
- Díaz, J. (2016). Evaluación de la contaminación del suelo con plomo y su efecto en la sangre de las poblaciones vulnerables en la ciudad de Cerro de Pasco. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería] <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5786>

- DIRESA-CALLAO (2019). Análisis de situación de salud Región Callao <https://www.diresa-callao.gob.pe/wdiresa/documentos/boletin/epidemiologia/asis/FILE0004882021.pdf>
- Flores-Romero, V. (2018). Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca – octubre 2017, <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/1853>
- Flores-Ramírez, R., Rico-Escobar, E., Núñez-Monreal, J. E., García-Nieto, E., Carrizales, L., Ilizaliturri-Hernández, C., y Díaz-Barriga, F. (2012). Exposición infantil al plomo en sitios contaminados. *Salud Pública de México*, 54(4),383-392, ISSN: 0036-3634, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10623065004>
- Franco, M. E. (2017). Riesgo de la ingesta de agua potable contaminada con plomo en la salud de la población de 3 a 5 años del caserío de Chunya (distrito de Pamparomás, provincia de Huaylas, departamento de Ancash, Perú). [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3110>
- Gavilánez-García, L. (2016). Estudio de la concentración del plomo en el agua del Río Tumbes Periodo 2012-2015 como causa de la minería aurífera y su relación con la salud de los pobladores del caserío de Rica Playa-Tumbes-2016, [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Tumbes]. <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/UNITUMBES/272>
- Gonzales, R. (2011) Los derechos humanos y el riesgo que causa el agua contaminada del río moche a los habitantes de Trujillo, [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5693>
- López, J. (2000). Intoxicación por Plomo en Niños Menores de Seis Años en un Asentamiento Humano del Callao. *Anales de la Facultad de Medicina*, 61(1),37-45, ISSN: 1025-5583, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=379/37961105>
- Ministerio del Ambiente MINAM. (2015). Decreto Supremo N° 015-2015 [Ministerio del Ambiente]. Modifican los estándares nacionales de calidad ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. 19 de diciembre 2015 <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/Decreto-Supremo-Nº-015-2015-MINAM.pdf>
- Ministerio del Ambiente-MINAM. (2014). *Guía para el Muestreo de Suelos*. <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>

- Ministerio del Ambiente-MINAM. (2017). Decreto supremo 004 2017 [Ministerio del Ambiente]. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. 6 de junio del 2017, <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Morales, J., Fuentes-Rivera, J., Bax, V., y Matta, H. (2018). Niveles de plomo sanguíneo y factores asociados en niños residentes de un distrito del Callao. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 38(2),135-144  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55960422012>
- OMS (1 de julio 2021). Miles de millones de personas se quedarán sin acceso a servicios de agua potable, saneamiento e higiene antes de 2030 a menos que el progreso se multiplique por cuatro, advierten la OMS y UNICEF <https://www.who.int/es/news/item/01-07-2021-billions-of-people-will-lack-access-to-safe-water-sanitation-and-hygiene-in-2030-unless-progress-quadruples-warn-who-unicef>
- Ortega, M., y Landa, W. (2019). Determinación de plomo en sangre en personas adultas del Fundo Oquendo del distrito del Callao. [Tesis de Título, Universidad Nacional Mayor de San Marcos] [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20,500,12672/10723/Ortega\\_ve.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20,500,12672/10723/Ortega_ve.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pacheco, K. (2018) Determinación de los niveles de concentración de plomo en la sangre y problemas en la salud en el poblador del Distrito de Chaupimarca, Provincia y Región Pasco, año 2018, [Tesis de Título, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1000/1/T026\\_73669987\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1000/1/T026_73669987_T.pdf)
- Preciado, R. (2011). El agua y las industrias extractivas en el Perú: un análisis desde la gestión integrada de recursos hídricos. In P. Urteaga (Ed.), *Agua e industrias extractivas Cambios y continuidades en los Andes* (1st ed., pp. 171–215). Instituto de Estudios Peruanos.
- Reuer, M., Bower, N., Koball, J., Hinostroza, E., De la Torre Marcas, M., Surichaqui, J., y Echevarria, S. (2012). Lead, Arsenic, and Cadmium Contamination and Its Impact on Children’s Health in La Oroya, Peru. *ISRN Public Health*, 2012, 1–12, <https://doi.org/10,5402/2012/231458>
- Rodríguez, A., Cuellar, L., Maldonado, G. y Suardiaz, M. (2016). Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 35(3), 251-271, <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubinbio/cib-2016/cib163f.pdf>

Rodríguez, C. J. (2018) Niveles de plomo y cadmio en sangre de estudiantes de la universidad nacional de tumbes, residentes en Corrales. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11764>

Source-international (2018). Estudios en poblaciones afectadas por metales pesados en Pasco; Análisis Ambiental de la Calidad de los Recursos Hídricos en la Zona Minera de Cerro de Pasco y Biomonitorio de Metales en Niños y Niñas del Centro Poblado de Paragsha, Cerro de Pasco – Perú. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4957.pdf>

Tschambler, J., Wierna, N., Romero, A., Rios, F., Ruggeri, M., y Bovi Mitre, M. (2015). Niveles de plomo en sangre de niños expuestos a los residuos metalúrgicos en Abra Pampa, Jujuy (Argentina). *Revista de Toxicología*, 32(2),95-97, ISSN: 0212-7113, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91942717003>