



*Evaluación de la contaminación por metales pesados del Río Cuchipamba,
Morona Santiago*

*Evaluation of contamination by heavy metals in the Cuchipamba River, Morona
Santiago*

*Avaliação da contaminação por metais pesados no rio Cuchipamba, Morona
Santiago*

Meibelline Alexandra Brito Tucto ^I
alejandranet@hotmail.es
<https://orcid.org/0000-0001-6564-4307>

Renata Alejandra Alvarado Barba ^{III}
rena_884@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9782-2101>

Patricio Vladimir Méndez Zambrano ^{II}
patricio.mendez@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4305-8152>

Ximena Rashell Cazorla Vinueza ^{IV}
ximena.cazorla@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1157-8900>

Correspondencia: patricio.mendez@epoch.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de mayo de 2022 * **Aceptado:** 12 de junio de 2022 * **Publicado:** 26 de julio de 2022

- I. Investigador independiente, Macas, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Ingeniería Ambiental, Macas, Ecuador.
- III. Investigador independiente, Riobamba, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Ingeniería Ambiental, Macas, Ecuador.

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la contaminación por metales pesados del río Cuchipamba, ubicado en la parroquia El Ideal, cantón Gualaquiza, provincia de Morona Santiago, mediante análisis fisicoquímico del agua. El enfoque fue cuali-cuantitativo, pues se calificó el estado actual del agua por medio de datos obtenidos. La investigación fue de campo y documental, puesto que se obtuvo datos en cuatro puntos en el tramo del río y se realizó revisión bibliográfica. Para ellos se identificó el área de estudio y con ayuda del software ArcGIS, se generó el mapa de ubicación identificando cuatro puntos de muestreo. De cada punto se obtuvo datos de parámetros in situ y ex situ, se ejecutó los análisis en laboratorio de las concentraciones de los metales arsénico, mercurio y plomo. Una vez obtenido los datos de los análisis fisicoquímicos, se comparó los resultados con los límites permisibles que establece la normativa ambiental legal vigente en el Ecuador. También se generó mapas de contaminación de acuerdo al metal que excedía el límite permisible con ayuda del software ArcGIS. Como resultado, se encontró contaminación por plomo en el río Cuchipamba en el PM-04 durante los meses de noviembre, diciembre y enero, excediendo la concentración de 0,001 mg/l como establece la normativa legal vigente. Se concluye que, si existe contaminación por metales pesados debido a que el plomo presentó valores altos de 0,004 hasta 0,0046 mg/l, debido a la posible presencia de minería ilegal y la falta de tratamiento de las aguas residuales. Se recomienda que se realicen nuevas investigaciones evaluando el Índice de calidad de agua y la identificación de macroinvertebrados.

Palabras Clave: evaluación ambiental; contaminación; metales pesados; análisis fisicoquímicos; normativa ambiental.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the contamination by heavy metals of the Cuchipamba river, located in the El Ideal parish, Gualaquiza canton, Morona Santiago province, through physical-chemical analysis of the water. The approach was qualitative-quantitative, since the current state of the water was qualified through the data obtained. The research was field and documentary, since data was obtained at four points in the river section and a bibliographic review was carried out. For them, the study area was identified and with the help of ArcGIS software, the location map was generated identifying four sampling points. Data on in situ and ex situ parameters

were obtained from each point, laboratory analyzes of the concentrations of the metals arsenic, mercury and lead were carried out. Once the data of the physicochemical analyzes were obtained, the results were compared with the permissible limits established by the legal environmental regulations in force in Ecuador. Contamination maps were also generated according to the metal that exceeded the permissible limit with the help of ArcGIS software. As a result, lead contamination was found in the Cuchipamba River in PM-04 during the months of November, December and January, exceeding the concentration of 0.001 mg/l as established by current legal regulations. It is concluded that, if there is contamination by heavy metals due to the fact that lead presented high values of 0.004 to 0.0046 mg/l, due to the possible presence of illegal mining and the lack of wastewater treatment. It is recommended that new investigations be carried out evaluating the Water Quality Index and the identification of macroinvertebrates.

Keywords: environmental evaluation; pollution; heavy metals; physicochemical analysis; environmental regulations.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a contaminação por metais pesados do rio Cuchipamba, localizado na freguesia de El Ideal, cantão de Gualaquiza, província de Morona Santiago, através de análises físico-químicas da água. A abordagem foi qualitativa-quantitativa, uma vez que o estado atual da água foi qualificado através dos dados obtidos. A pesquisa foi de campo e documental, pois os dados foram obtidos em quatro pontos do trecho do rio e foi realizada uma revisão bibliográfica. Para eles, a área de estudo foi identificada e com o auxílio do software ArcGIS, foi gerado o mapa de localização identificando quatro pontos de amostragem. Dados de parâmetros in situ e ex situ foram obtidos de cada ponto, análises laboratoriais das concentrações dos metais arsênio, mercúrio e chumbo foram realizadas. Uma vez obtidos os dados das análises físico-químicas, os resultados foram comparados com os limites permitidos estabelecidos pelas normas ambientais legais vigentes no Equador. Também foram gerados mapas de contaminação de acordo com o metal que ultrapassou o limite permitido com o auxílio do software ArcGIS. Como resultado, foi constatada contaminação por chumbo no Rio Cuchipamba na PM-04 durante os meses de novembro, dezembro e janeiro, ultrapassando a concentração de 0,001 mg/l conforme estabelecido pelas normas legais vigentes. Conclui-se que, se há contaminação por metais pesados devido ao fato do chumbo apresentar valores elevados de 0,004 a 0,0046 mg/l, devido à possível

presença de mineração ilegal e a falta de tratamento de efluentes. Recomenda-se a realização de novas investigações avaliando o Índice de Qualidade da Água e a identificação de macroinvertebrados.

Palavras-chave: avaliação ambiental; poluição; metais pesados; análise físico-química; regulamentos ambientais.

Introducción

En la actualidad a nivel mundial la contaminación del medio ambiente es un problema de mayor interés que afecta a la sociedad, debido a que ocurre la pérdida de la calidad del agua, aire y suelo por las diferentes actividades antropogénicas que realiza el ser humano (Reyes et al., 2016, p. 66). La contaminación de las fuentes hídricas por metales pesados se ha convertido en el mayor problema ambiental, debido a la toxicidad que presentan en el agua de los ríos, entre los metales de mayor importancia toxicológica en el agua está el mercurio (Hg), arsénico (As), cromo (Cr), plomo (Pb), cadmio (Cd), níquel (Ni) y zinc (Zn) (Salas, 2014, p. 48).

La mayor fuente de contaminación de metales pesados es causada por actividades antropogénicas, especialmente por minería, actividades agronómicas, emisiones industriales y de sedimentos residuales. Los metales pesados presentan el mayor problema cuando exceden los límites permisibles según las normas oficiales de calidad ambiental del agua para el uso/consumo humano y presencia en productos alimenticios (Muyulema et al., 2019, pp, 41-42).

Algunos metales y metaloides como el arsénico, mercurio, cobre, plomo, cadmio, entre otros al entrar en contacto con el ser humano afecta a la salud y consigo ocasiona problemas cancerígenos, mutagénicos y teratogénicos (Medel et al., 2008, p. 33).

El Ecuador posee 31 sistemas hidrográficos que se dividen en 79 cuencas hidrográficas y las mismas se subdividen en 137 cuencas y subcuencas (Hidalgo & Osorio, 2013, p. 15). La contaminación de los recursos hídricos en el país que se ha dado por la actividad petrolera en la Amazonía, funcionamiento de hidroeléctricas y represas que desvían el cauce de ríos, el vertimiento de las aguas residuales, la disposición de residuos sólidos y agroquímicos, especialmente por la extracción de los recursos naturales renovables y no renovables; esto provoca que nuestro país se convierta en un territorio susceptible a desastres naturales y antrópicos (Cevallos & Parrado, 2018, p. 86). Por ello las fuentes hídricas de la región amazónica en las

últimas décadas han sido explotadas indiscriminadamente por empresas mineras e industriales poniendo en riesgo a los ecosistemas, sobre toda a las microcuencas (Van Teijlingen, 2019, p. 276). El Catastro Minero de la Agencia de Regulación y Control Minero del Ecuador (ARCOM) refleja que en Gualaquiza aproximadamente el 30% de su territorio incluyendo zonas urbanas, se ha concesionado para minería, las diferentes concesiones realizan la explotación de oro, cobre y caliza (GAD Municipal de Gualaquiza, 2018). En la microcuenca del río Cuchipamba existe la presencia de minería que se encargan en la extracción de metales pesados y materiales pétreos utilizados para la construcción, así mismo, la falta de tratamiento de las aguas residuales de las parroquias Tarqui y el Ideal ponen en peligro la fauna y flora del lugar (GAD Municipal de Gualaquiza, 2020, p. 67). Se realiza el análisis de las concentraciones de los metales pesados como el Arsénico, Mercurio y Plomo en cuatro puntos definidos utilizando el método de espectroscopia de absorción atómica, considerando que en el río Cuchipamba existen empresas o minas de áridos y pétreos, minería artesanal y actividades productivas que podrían causar la contaminación del recurso hídrico, debido a que no existe una línea base el mismo. Por lo tanto, la presente investigación evalúa la contaminación de metales pesados sobre el río Cuchipamba para conocer el estado actual del afluente superficial del río con la finalidad de conocer la calidad del agua, así como su factibilidad para usar como agua potable y de uso doméstico.

Materiales y métodos

Área de estudio

El presente estudio se realizó en el río Cuchipamba, el mismo que se encuentra ubicado en la parroquia de El Ideal, perteneciente al cantón Gualaquiza, provincia de Morona Santiago, con una población de 821 personas, dedicadas a las actividades de turismo, agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, explotación de minas y canteras (GAD Municipal de Gualaquiza, 2020, pp. 30-31). El tramo de estudio del río Cuchipamba comprende el sector del Guabi bajo, el casco parroquial y el sector de la unión del río Cuchipamba con el río Cuyes, todos estos sectores pertenecientes a la parroquia El Ideal.

El cantón Gualaquiza cuenta con una extensión de 2158,9281 km², conformado por 10 parroquias y limita al Norte con el cantón San Juan Bosco, Sigsig y la provincia del Azuay, al Sur con el cantón El Pangui, Yantzaza y la provincia de Zamora Chinchipe, al Este con el cantón San Juan

Bosco y la República del Perú, al Oeste con el cantón Yacuambi y Nabón (GAD Municipal de Gualaquiza, 2020, pp. 13-15).



Ilustración 1 Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo

Tabla 1-3: Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo

LOCALIZACIÓN		COORDENADAS UTM		
Estación	Nombre	Longitud	Latitud	Altura msnm
PM-01	El Guabi	763163,70	9624486,41	849
PM-02	El Guabi bajo	762859,62	9624015,58	848
PM-03	Extracción de pétreos	764304,44	9621269,93	833
PM-04	Unión con el río Cuyes	764584,22	9620665,81	817

Monitoreo y toma de muestras de parámetros fisicoquímicos

El monitoreo del río Cuchipamba se realizó mediante la norma NTE 2176: Agua, calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013b, pp. 2-4). El monitoreo del río Cuchipamba se realizó durante los meses de noviembre y diciembre del 2021 y el mes de enero del 2022, los monitoreos se realizaron la segunda semana de los meses ya mencionados. La toma de las muestras de los parámetros fisicoquímicos se realizó en la mañana en un lapso de 2 horas, siguiendo la siguiente metodología:

Tabla 2-3: Monitoreo y toma de muestras

Parámetro	Procedimiento
pH	La medición del pH se realizó in-situ, para la toma de datos se utilizó el equipo pH metro digital Wasser, el mismo que se introdujo en un envase nuevo de plástico que contenía agua de cada punto de muestreo hasta que la lectura se estabilice, evitando que el agua moje el lector del pH metro y finalmente anotar el resultado obtenido en cada punto.
Metales pesados: - Arsénico - Mercurio - Plomo	Para la toma de muestras de estos parámetros en cada punto de muestreo se usó un envase plástico nuevo de dos litros, el mismo que se procedió a enjuagar tres veces con la misma agua del río, se introdujo el envase en el río hasta que se llene y no exista presencia de burbujas de aire para evitar modificaciones.

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013b.

Manejo y conservación de muestras

En el manejo y conservación de las muestras se realizó en base a la norma NTE INEN 2169: agua, calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013, p. 4); una vez recolectada cada muestra se procedió a realizar el etiquetado para evitar confundirlas, después se colocó en el cooler con gel pack y hielo, con el fin de evitar que la muestra cambie su composición y luego trasladarlas al laboratorio AGRORUM de la ciudad de Guayaquil para su posterior análisis.

Análisis de metales pesados

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de AGRORUM, en la siguiente tabla se detalla los parámetros, métodos y procedimiento que se utilizó para su análisis.

Tabla 3-3: Procedimiento de análisis de metales pesados

Análisis de las muestras		
Parámetro	Método	Procedimiento
Arsénico	SM 3120 ICP	Se prepara la muestra mediante la digestión por ácido nítrico-ácido clorhídrico, completando un volumen final de
Mercurio		

	Método de plasma de acoplamiento inductivo	100 ml, previamente el equipo debe estar calibrado, luego la muestra se coloca en el espectrómetro para analizar la muestra, obteniendo los resultados en unidades de ug/l a los siete días.
Plomo	Espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito (Argón)	<p>Este método se realiza en dos procesos que son la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libre.</p> <p>Primero se inyecta la muestra en el tubo de grafito.</p> <p>Secado: una vez inyectada la muestra, se calienta a una temperatura inferior al punto de ebullición del solvente (80 a 180°C), la muestra es sometida a una temperatura menor de 80 a 180°C con el fin de que se evapore el solvente y los componentes volátiles de la matriz.</p> <p>Calcinado: luego se incrementa la temperatura de 350 a 1600°C, para remover la mayor cantidad de material de la muestra, sin pérdida del analito, en esta etapa el material sólido es descompuesto mientras que los materiales refractarios permanecen inalterados.</p> <p>Atomización: en esta etapa el horno se calienta a temperaturas de 1800 – 2800 °C para vaporizar los residuos del calcinado. Este proceso lleva a la creación de átomos libres en el camino óptico, en este paso se mide la absorbancia.</p> <p>Limpieza del horno: se realiza a una temperatura superior a la temperatura de atomización, cuanto mejor sea la separación de los elementos concomitantes del analito, mejor será la atomización y la determinación estará más libre de interferencias.</p>

Fuente: APHA-AWWA-WPCF, 1992, pp. 301-302, 342-343; Mañay, Clavijo & Díaz, 2009.

Resultados

Descripción de los puntos de monitoreo

El primer punto de monitoreo se encuentra ubicado en el sector El Guabi a cuatro kilómetros de la parroquia El Ideal, se consideró como referencia de una zona no intervenida por actividades antropogénicas debido a que no existe poblaciones cercanas, el río presentó un caudal irregular debido a las condiciones meteorológicas, a lo largo de sus riberas existe una variada y abundante vegetación arbórea.

- PM-1 El Guabi

Figura 1-4: Punto de monitoreo PM-01



El segundo punto de monitoreo se encuentra ubicado en el sector El Guabi a tres kilómetros de la parroquia El Ideal, se consideró esta zona debido a que existía pequeña minería artesanal, en un radio de un kilómetro se encuentra asentada una pequeña población de alrededor de cinco familias dedicadas a la agricultura y ganadería, el río presenta un caudal irregular debido a las condiciones climáticas, a lo largo de sus riberas existe una vegetación arbórea y de pastizales.

- PM-2 El Guabi Bajo

Figura 2-4: Punto de monitoreo PM-02



El tercer punto de monitoreo se encuentra ubicado en la parroquia de El Ideal a cien metros del parque central, se consideró esta zona debido a que en esta

área se dedican a la extracción de áridos y pétreos, existe una población extensa que se dedican a las actividades de agricultura y ganadería, esta parroquia no cuenta con el servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, en esta parte el río presenta un caudal constante, a sus riberas existe vegetación arbórea.

- PM-3 Área de pétreos

Figura 3-4: Punto de monitoreo PM-03



El cuarto punto de monitoreo se encuentra ubicado en la parroquia del El Ideal a veinticinco metros de la unión del río Cuchipamba con el río Cuyes los cuales al unirse forman el río Bomboiza, se consideró esta zona debido a que sus pobladores desarrollan actividades de ganadería, agricultura, turismo y recreación, el río presenta un caudal irregular debido a las condiciones climáticas y en sus riberas posee una vegetación variada por pastizales y árboles.

- PM-4 La unión

Figura 4-4: Punto de monitoreo PM-04



Mapas de contaminación

Mediante los siguientes mapas se identifica la dispersión de los metales que se encuentran contaminando el agua del río Cuchipamba, en los tres meses de muestreo y en los cuatro puntos de monitoreo.

De acuerdo con los análisis realizados en el laboratorio, el plomo es el metal que se encuentra contaminando el agua del río en los tres meses de muestreo en el punto PM-4.

Mapa de contaminación con plomo en el mes de noviembre



Figura 5-4: Mapa de concentración de plomo en noviembre

La figura 5-4 muestra el mapa de dispersión del plomo durante el mes de noviembre, el río Cuchipamba presenta una dinámica de flujo que va de norte hacia el sur, la contaminación comienza en el punto PM-4 que se encuentra ubicado al sur de nuestra área de estudio con una concentración de 0,004 mg/l como se identifica en el mapa con color rojo, esto se debe a la posible presencia de minería ilegal, la falta de alcantarillado y la planta de tratamiento de aguas residuales en las parroquias de El Ideal y Nueva Tarqui. Los puntos PM-1, PM-2 y PM3 se identifican con color azul en el mapa debido a que presentan concentraciones menores de plomo, esto se podría deberse a que al existir pueblos pequeños no hay mucha carga de contaminante.

Mapa de contaminación con plomo en el mes de diciembre



Figura 6-4: Mapa de concentración de plomo en diciembre

La figura 6-4 muestra el mapa de dispersión del plomo durante el mes de diciembre, el río Cuchipamba fluctúa de norte hacia el sur, la contaminación empieza en el punto PM-4 que se encuentra ubicado al sur de nuestra área de estudio con una concentración de 0,0042 mg/l como se representa en el mapa con color rojo, esto se debe a que posiblemente existiera la presencia de minería ilegal, falta de alcantarillado y el tratamiento de aguas residuales en la parroquia de El Ideal. Los puntos PM-1, PM-2 y PM3 se identifican con color azul en el mapa debido a que no presentan riesgo de contaminación, poseen concentraciones menores de plomo, esto se podría deberse a que existen poblaciones pequeñas que no generan grandes cantidades de contaminantes.

Mapa de contaminación con plomo en el mes de enero



Figura 7-4: Mapa de concentración de plomo en enero

La figura 7-4 muestra el mapa de dispersión del plomo durante el mes de enero, el río Cuchipamba presenta un caudal que fluctúa de norte hacia el sur, la contaminación empieza en el punto PM-4 que se ubica al sur de nuestra área de estudio con una concentración de 0,0046 mg/l que se representa de color rojo en el mapa, esto se debe a que posiblemente al unirse con el colindante río Cuyes en el cual se presume que existe la presencia de minería ilegal, y falta de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia de El Ideal. Los puntos PM-1, PM-2 y PM3 se identifican en el mapa con color azul debido a que no presentan contaminación, tienen concentraciones menores de 0,001 mg/l de plomo, esto se podría deberse a que a sus alrededores existen poblaciones pequeñas que no generan grandes cantidades de contaminantes.

Análisis de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados

Potencial de hidrógeno (pH)

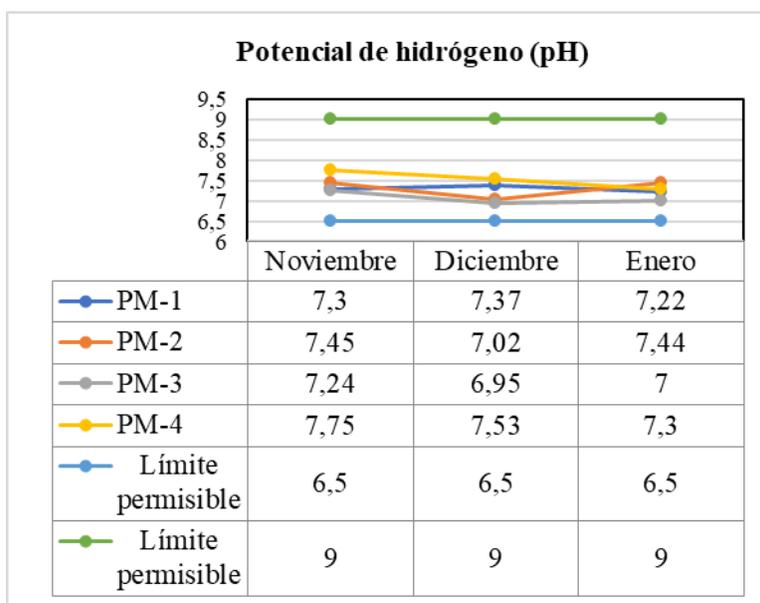


Gráfico 1-4: Variación del potencial de hidrógeno

El gráfico 1-4 presenta la variación del potencial de hidrógeno en las cuatro estaciones de monitoreo que se realizaron en los meses de noviembre, diciembre y enero, los valores se encuentran en un rango de 6,95 a 7,75 siendo el valor más alto registrado durante el mes de noviembre en la estación PM-4 y el valor más bajo fue registrado durante el mes de diciembre en la estación PM-3.

De acuerdo con el estudio realizado por (Beita y Barahona, 2011, p. 162) indica que el pH en aguas de río como las dadas en los cuatro puntos de monitoreo varían entre 6,0 – 8,5 debido a su influencia en los sistemas biológicos, valores superiores o inferiores producen limitaciones en la fisiología y desarrollo de los organismo acuáticos.

Los valores obtenidos de pH se encuentran dentro del rango 6,5 a 9 aceptable establecido en la tabla 2 del acuerdo ministerial 097A, considerando al río Cuchipamba como admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces (Ministerio del Ambiente, 2015, p. 182).

Concentración de metales pesados en las muestras de agua

Concentración de arsénico (As) en las muestras de agua (mg/L)

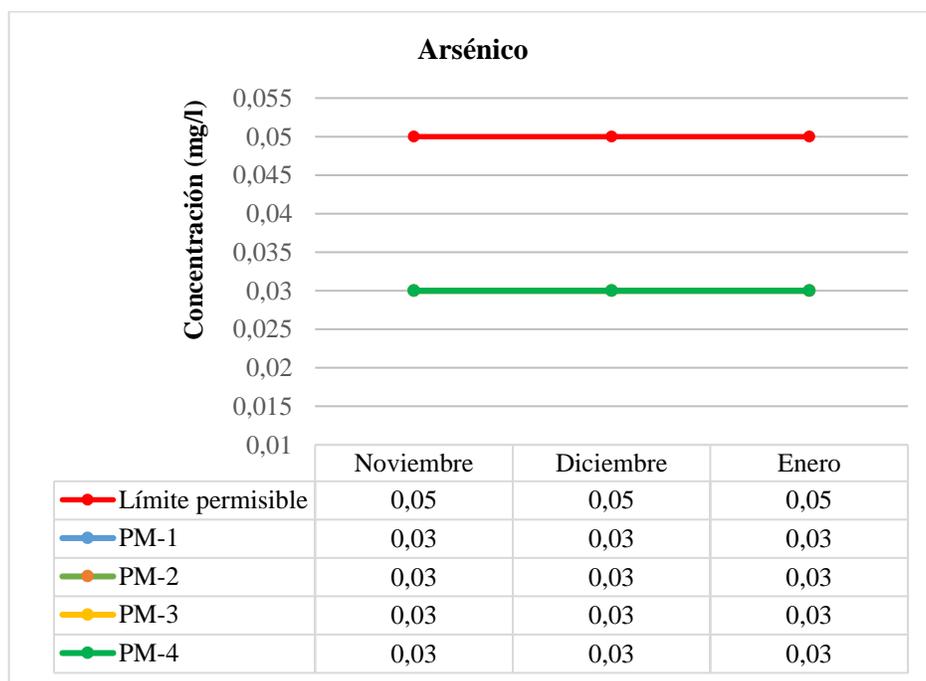


Gráfico 2-4: Variación de la concentración de arsénico

El gráfico 2-4 muestra la concentración de arsénico en cada punto de monitoreo realizado en los meses de noviembre, diciembre y enero, con los resultados obtenidos no se pudo evidenciar la variación de la concentración, debido que el método aplicado detecta concentraciones desde 0,03

mg/l de arsénico y las concentraciones de las muestras de agua se encontraba menor al rango de detección.

El contenido de arsénico en aguas superficiales que no han sido contaminadas como en los cuatro puntos de monitoreo son inferiores a 0,8 ug/l, esto puede variar debido a varios factores como la recarga superficial y subterránea, litología de la cuenca, clima, actividad minera y disposición de residuos (Lillo, 2008, p. 33).

Los valores obtenidos de arsénico se encuentran dentro de los límites permisibles en la tabla 2 del acuerdo ministerial 097A que presenta un límite permisible de 0,05 mg/l, considerando que el agua del río Cuchipamba se considera admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulce (MAAE, 2015).

Concentración de mercurio (Hg) en las muestras de agua (mg/L)

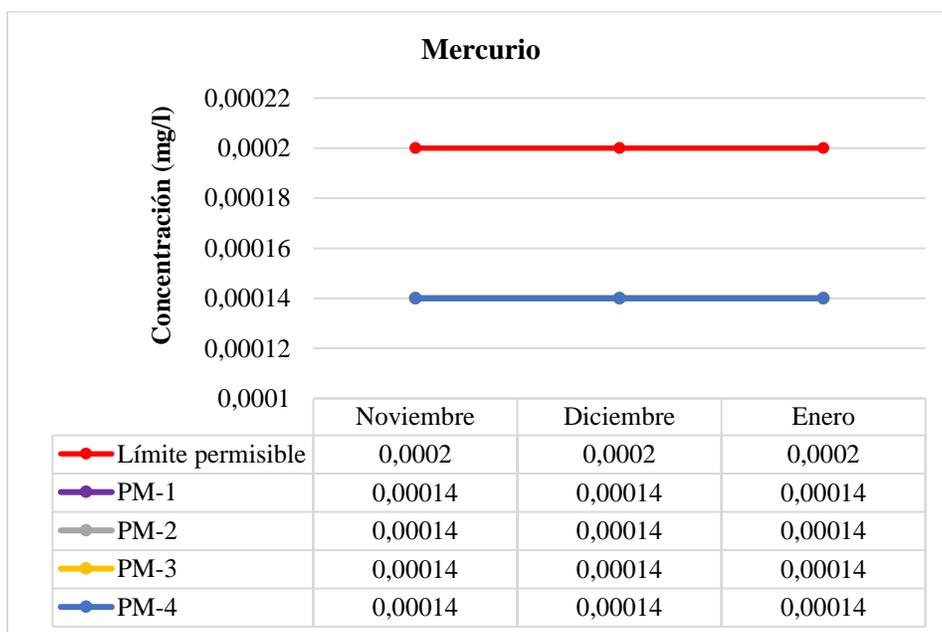


Gráfico 3-4: Variación de la concentración de mercurio

El gráfico 3-4 indica la concentración de mercurio en cada punto de monitoreo realizado en los meses de noviembre, diciembre y enero, con los resultados obtenidos no se puede evidenciar la variación de la concentración, debido a que el método aplicado detecta concentraciones desde 0,00014 mg/l y las muestras de agua contenían concentraciones menores al rango de detección. Por

ello se considera que el río Cuchipamba se considera admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulce.

Las concentraciones de mercurio en los cuatro puntos de monitoreo se encuentran en niveles bajos a comparación de las concentraciones que se pudieran encontrar si se realizaran análisis en los sedimentos y en especies de fauna y flora del río, ya que los peces son buenos indicadores de contaminación por metales pesados, debido a que tienen la capacidad de bioacumular y biomagnificar altas concentraciones de metales (Mancera & Álvarez, 2006, pp. 5-6).

En épocas lluviosas o de mayor precipitación incide una mayor dilución y menor concentración de mercurio en el agua, por eso no se evidenció altas concentraciones de mercurio durante el estudio del río Cuchipamba (Loza y Ccancapa, 2020, p. 33).

Concentración de plomo (Pb) en las muestras de agua (mg/L)

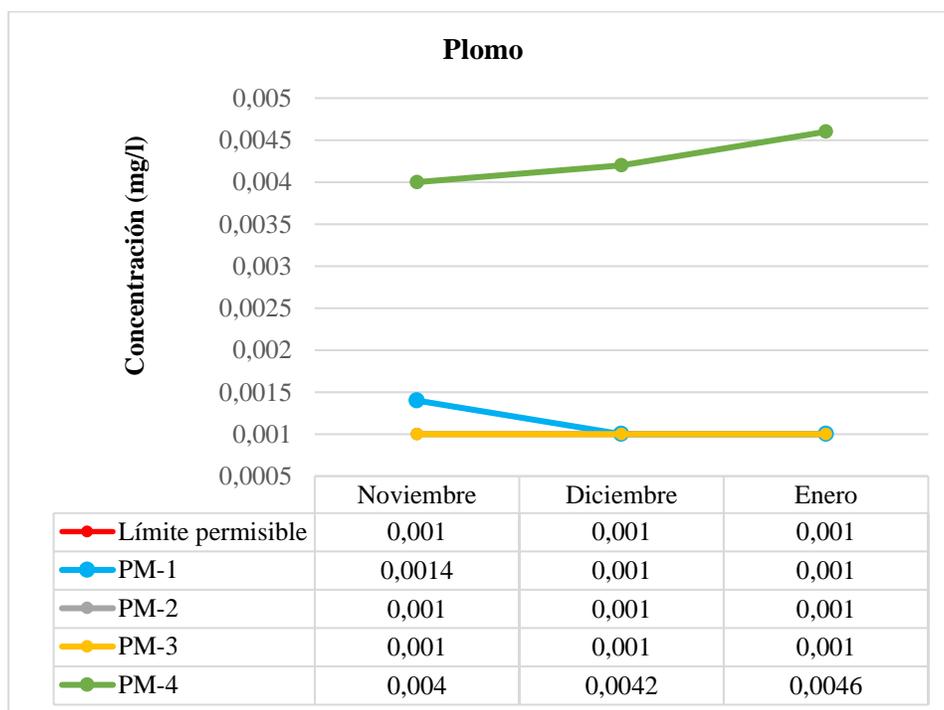


Gráfico 4-4: Variación de la concentración de plomo

El gráfico 4-4 muestra la variación de la concentración de plomo en cada punto de monitoreo realizado en los tres meses de estudio, demostrando que la concentración de plomo más alta se registró en el punto PM-4 en el mes de enero con un valor de 0,0046 mg/l, mientras que la

concentración más baja se registró en los puntos PM-2 y PM-3 en los tres meses con valores menores a 0,001 mg/l.

Las aguas superficiales en las áreas que no han sido contaminadas PM-2 y PM-3 presentan concentraciones de plomo menores a 1 microgramo/litro, debido a que se pueden formar compuestos insolubles de tipo carbonatos y sulfatos (Ubillus, 2003, p. 14).

En el estudio realizado por (Rodríguez, 2012, p. 6) indica que el alto contenido de plomo en aguas superficiales como las dadas en el PM-4 se da por actividades mineras que implican la introducción de plomo en la cadena trófica, afectando la conservación de los ecosistemas naturales, riesgos a la fauna y al ser humano.

La presencia del plomo en el agua superficial como se muestra en el punto PM-4 se puede ocasionar por los vertimientos de aguas residuales que proceden de las actividades humanas, domésticas e industriales, esto podría afectar al equilibrio de los ecosistemas y generar riesgos al ambiente (Quispe et al., 2019, p. 87).

Discusión

Tabla 1-4: Comparación de la concentración de pH y metales pesados

SITIO	MES	pH	As (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)
PM-1	Noviembre	7,30	< 0,03	< 0,000141	0,0014
	Diciembre	7,37	< 0,03	< 0,000141	<0,001
	Enero	7,22	< 0,03	< 0,000141	<0,001
PM-2	Noviembre	7,45	< 0,03	<0,000141	<0,001
	Diciembre	7,02	< 0,03	< 0,000141	<0,001
	Enero	7,44	< 0,03	< 0,000141	<0,001
PM-3	Noviembre	7,24	< 0,03	<0,000141	<0,001
	Diciembre	6,95	< 0,03	< 0,000141	<0,001
	Enero	7,00	< 0,03	< 0,000141	<0,001
PM-4	Noviembre	7,75	< 0,03	<0,000141	0,004
	Diciembre	7,53	< 0,03	< 0,000141	0,0042

	Enero	7,30	< 0,03	< 0,000141	0,0046
TULSMAS Tabla 2		6,5 a 9	0,05	0,0002	0,001

Fuente: TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE (TULSMA), 2015.

En la Tabla 1-4 se encontró que el pH presenta el valor más alto de 7,75 en el punto de monitoreo 4 durante el mes de noviembre, los valores encontrados de pH en todos los puntos de monitoreo durante los meses de noviembre, diciembre y enero se encuentran dentro de los límites permisibles que establece la normativa legal vigente en la tabla 2 de acuerdo ministerial 097-A (TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE (TULSMA), 2015, p. 14). En el caso del Arsénico se presentaron valores menores al límite de detección 0,03 mg/l encontrándose por debajo del límite permisible.

Las concentraciones de mercurio presentan valores menores al límite de detección 0,000141 mg/l encontrándose dentro de los límites permisibles establecidos en la normativa legal vigente ecuatoriana. El plomo es el metal que superó el límite máximo permisibles en el punto PM-4 durante los tres meses de muestreo con un valor máximo de 0,0046 mg/l en el punto PM-4 durante el mes de enero lo que equivales a cuatro veces el valor de la norma.

Conclusiones

- Se evaluó la contaminación por metales pesados del río Cuchipamba de la parroquia El Ideal, en un tramo de 5 km, que está conformado por el barrio Centro, la Unión y el Guabi existiendo varias actividades productivas, económicas y turísticas, produciendo que en el PM-4 se identifique al plomo como contaminante debido a que supera la norma establecida.
- Mediante el recorrido realizado en el río Cuchipamba, se identificó cuatro puntos de monitoreo, seleccionados de acuerdo con las características hidrológicas basados en la accesibilidad al río, la seguridad del recolector y posibles fuentes de contaminantes lo que fue esencial para recolección de las muestras de agua para el desarrollo de la presente investigación.
- Mediante el análisis fisicoquímico se analizó las concentraciones de pH, arsénico, mercurio y plomo en los cuatro puntos de monitoreo durante el periodo noviembre, diciembre y enero, pudiéndose observar que el pH se encontró dentro del rango 6,95 a 7,75. El arsénico presentó valores menores a 0,03 mg/l y el mercurio presentó valores menores a 0,00014

mg/l durante todos los meses y puntos de monitoreo. El plomo presentó valores altos de 0,004 hasta 0,0046 mg/l en el punto PM-4.

Se comparó la contaminación del río Cuchipamba entre los puntos analizados de acuerdo con los metales que superaban los límites permisibles, siendo el plomo el metal que superaba los límites permisibles en el PM-4 debido a la posible presencia de minería ilegal (Rodríguez 2012) y la falta de tratamiento de las aguas residuales (Quispe 2019); por medio de mapas de contaminación hídrica se identificó los valores de la concentración del metal contaminante y se evidencia su área de afectación.

Referencias

1. ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE MEDICAMENTOS, ALIMENTOS Y TECNOLOGÍA MÉDICA, ANMAT. Guía de interpretación de resultados microbiológicos de alimentos [en línea]. Argentina, 2006, pp. 1-21. ISSN 1367-0050. Disponible en: <https://goo.gl/awcz18>
2. AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES, ATSDR. Resumen de salud pública plomo [en línea]. Estados Unidos, 2007, pp. 1-15. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.pdf
3. APHA-AWWA-WPCF. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales [en línea]. España: Editorial Díaz de Santos S.A., 1992, pp. 249-343. ISBN 84-7978-031-2. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=307542>
4. AZUERO AZUERO, Ángel Enrique. "Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación". Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía [en línea], 2019 (Venezuela), IV (8), pp. 110-127. ISSN 2542-3088. DOI 10.35381/r.k.v4i8.274. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/334595342_Significatividad_del_marco_metodologico_en_el_desarrollo_de_proyectos_de_investigacion
5. BAQUERIZO CABRERA, Martha., ACUÑA CUMBA, María & SOLIS CASTRO, María. "Contaminación de los ríos: caso río Guayas y sus afluentes". Manglar Revista de investigación científica [en línea], 2019, 16 (1). DOI 10.17268/manglar. Disponible en: <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/118/241>

6. BEITA-SANDÍ, Wilson & BARAHONA-PALOMO, Marco. "Físico-químico de las aguas superficiales de la Cuencia del río Rincón , Península de Osa, Costa Rica". UNED Research Journal/ Cuadernos de investigación UNED [en línea], 2021, (Costa Rica), 2 (2)v, pp. 157-179. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/5156/515651982004.pdf>
7. CARRILLO, D., CARVAJAL, S., COTO, J., SALGADO, V., HERRERA, J., ROJAS, D. & BENAVIDEZ, C. Variación del oxígeno disuelto en el Río Burío-Quebrada Seca, Heredia, Costa Rica, en el periodo 2005 - 2010. Universidad Nacional Costa Rica, 2012.
8. CASTILLO, B., RUIZ, J., MANRRIQUE, M. & POZO, C. "Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú)". Revista Espacios [en línea], 2020, 41 (10), pp. 11-22. ISSN 0798-1015. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n10/a20v41n10p11.pdf>
9. a20v41n10/a20v41n10p11.pdf
10. CAYETANO, Paolo. Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados: plomo, cadmio, mercurio y arsénico. Boletín Tecnológico N° 3 [en línea]. Lima - Perú: 2019, p. 11. Disponible en: <https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/ogitt/cati/3> BOLETÍN TÉCNOLOGICAS N-3 2019.pdf
11. CORPORACIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, CFE-ACOTENIC & CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR, CELEC EP. CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL ÁREA REFERENCIAL DEL PHS (LÍNEA BASE). CELEC [en línea]. 2011. Disponible en: <http://acotecnic.com/wp-content/uploads/2016/01/5.1-LINEA-BASE-AREA-3-V5.pdf>
12. CEVALLOS ARÁUZ, Andrea & PARRADO RODRÍGUEZ, Cristhian. "Vulnerabilidad al cambio climático en Pedernales, Ecuador: retos desde el agua" Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales [en línea]. 2018, (24), pp. 83-104. ISSN 1390-6631. DOI 10.17141/letrasverdes.24.2018.3326. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/lverdes/n24/1390-6631-lverdes-24-00083.pdf>
13. CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE. Reglamento al código orgánico del ambiente (RCOA). Registro Oficial Suplemento 507 [en línea]. Disponible en: <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>

14. CONSORCIO DE MUNICIPIOS AMAZÓNICOS Y GALÁPAGOS, COMAGA. "Monitorean calidad de agua de ríos amazónicos". Fondo para la Protección del Agua, FONAG [en línea]. 2012. Disponible en: http://www.fonag.org.ec/web/wp-content/uploads/2019/09/AGUA_A_FONDO23-min.pdf
15. CONTRERAS, J., MENDOZA, C. y GÓMEZ, A. "Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del Río Haina". Ciencia y Sociedad [en línea], 2004, (República Dominicana), 29 (1), pp. 38-71. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/870/87029103.pdf>
16. EQUIPOS Y LABORATORIO DE COLOMBIA, LE. Potencial de hidrógeno [en línea]. Colombia, 2011. Disponible en: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/potencial-de-hidrogeno#:~:text=El%20pH%20es%20una%20medida,%3B%20del%20lat%C3%ADn%20pondus%2C%20n.>
17. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD, FACSA. Ciclo integral del agua, metales pesados [en línea]. Castellón - España, 2017, pp. 1. Disponible en: <https://www.facsa.com/metales-pesados/#:~:text=%C2%BFQU%C3%89%20ES%3F,%2C%20cobre%2C%20plomo%20y%20cromo.>
18. GAD MUNICIPAL DE GUALAQUIZA. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial plan de uso y gestión del suelo Gualaquiza 2020-2032 [en línea]. Gualaquiza - Morona Santiago: 2020. Disponible en: https://gadgualaquiza.gob.ec/web/wp-content/uploads/2020/09/Copia-Comprimida-de-01_Informe_Diagnostico_PDOT-PUGS_2020-2032-1-4_comprimido.pdf
19. GASTEZZI ARIAS, Paola., ALVARADO GARCÍA, Virginia & PÉREZ GÓMEZ, Gabriela. "La importancia de los ríos como corredores interurbanos". Revista de Educación Ambiental Biocenosis [en línea], 2017, 31 (1-2), pp. 39-45. Disponible en: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1725#:~:text=Los%20r%C3%ADos%20urbanos%20ofrecen%20m%C3%BAltiples,los%20efectos%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico.>
20. HIDALGO RAMÍREZ, Carina & OSORIO MUNOZ, Edison. Evaluación y determinación de la capacidad secuestrante de los metales pesados cromo (Cr) y cadmio (Cd) por tasas de

- mohos aisladas de los alrededores de los ríos Cutuchi y Machángara (Tesis) (Pregrado) [en línea]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ingeniería en Biotecnología de los Recursos Naturales. Quito - Ecuador: 2013, p. 15. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
21. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013: Agua, calidad del agua, muestreo, manejo, conservación de muestras. [en línea]. Quito - Ecuador: 2013a. Disponible en: https://gestionambiental.pastaza.gob.ec/biblioteca/legislacion-ambiental/patrimonio_natural/nte_inen_2169_1_agua_calidad_agua_muestreo_manejo_conservacion_muestras.pdf
22. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176 :2013: Agua, calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo [en línea]. Quito - Ecuador: 2013b. Disponible en: https://gestionambiental.pastaza.gob.ec/biblioteca/legislacion-ambiental/patrimonio_natural/nte_inen_2176_1_agua_calidad_agua_muestreo_tecnicas_muestreo.pdf
23. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266:2013: Agua, calidad del agua, muestreo, diseño de los programas de muestreo [en línea]. Quito - Ecuador: 2013c. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2226-1.pdf>
24. JUNTA DE CALIDAD AMBIENTAL. Contaminación de agua [en línea]. Puerto Rico> 2003. Disponible en: [http://agricultura.uprm.edu/escorrentia/Fuentes de contaminacion/JCA contaminacion agua.pdf](http://agricultura.uprm.edu/escorrentia/Fuentes_de_contaminacion/JCA_contaminacion_agua.pdf)
25. LENNTECH. Propiedades químicas del mercurio - Efectos del mercurio sobre la salud - efectos ambientales del mercurio [en línea]. 2018. Disponible en: <https://www.lennotech.es/periodica/elementos/hg.htm#:~:text=Elemento%20qu%C3%ADmico%2C%20s%C3%ADmbolo%20Hg%2C%20n%C3%BAmero,tan%20suave%20como%20el%20plomo.>
26. LENNTECH. Propiedades químicas del arsénico - Efectos del arsénico sobre la salud - efectos ambientales del arsénico [en línea]. 2020. Disponible en: [https://www.lennotech.es/periodica/elementos/as.htm#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%](https://www.lennotech.es/periodica/elementos/as.htm#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20)

- 20al%20Ars%C3%A9nico%20inorg%C3%A1nico,e%20irritaci%C3%B3n%20de%20los
%20pulmones.
27. LILLO, Javier. Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas [en línea]. Grupo de Estudios de Minería y Medioambiente: 2008, p. 33. Disponible en: http://www.aulados.net/GEMM/Documentos/Peligros_geoquimicos_As/Peligros_As_2.pdf
28. LÓPEZ, Pedro. "Población Muestra y Muestreo". Punto Cero [en línea], 2004, 9 (8), pp. 69-74. ISSN 1815-0276. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012
29. LOZA DEL CARPIO, Alfredo & CCANCAPA SALCEDO, Yenny. "MERCURIO EN UN ARROYO ALTOANDINO CON ALTO IMPACTO POR MINERÍA AURÍFERA ARTESANAL (LA RINCONADA, PUNO, PERÚ)". Revista Internacional de Contaminacion Ambiental [en línea], 2020, 36 (1), pp. 33-44. ISSN 01884999. DOI 10.20937/RICA.2020.36.53317. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v36n1/0188-4999-rica-36-01-33.pdf>
30. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Acuerdo Ministerial 097A. Libro VI, Anexo 5 [en línea]. 2015, p. 184. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf>
31. www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf
32. MAÑAY, N., CLAVIJO, G. y DÍAZ, L. Absorción atómica con horno de grafito [en línea]. Uruguay: 2009, pp. 79-92. Disponible en: <http://riquim.fq.edu.uy/archive/files/02ba23e6cc083af03bfc55ac63a98a0c.pdf>
33. MANCERA RODRÍGUEZ, Néstor & ÁLVAREZ LEÓN, Ricardo. "Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia". Acta Biológica Colombiana [en línea], 2006, 11 (1), pp. 3-23. ISSN 0120-548X. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v11n1/v11n1a01.pdf>
34. MANCILLA, Óscar., ORTEGA, Héctor., RAMÍREZ, Carlos., USCANGA, Ebandro., RAMOS, Rosalía & REYES, Amada. "Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México". Revista Internacional de Contaminacion Ambiental

- [en línea], 2012, 28 (1), pp. 39-48. ISSN 01884999. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n1/v28n1a4.pdf>
35. MEDEL REYES, Alejandro., RAMOS GÓMEZ, Samanta., AVELAR GONZÁLEZ, Francisco., MORA TOBAR, Luis & RODRÍGUEZ VALADEZ, Francisco. "Caracterización de Jales Mineros y evaluación de su peligrosidad con base en su potencial de lixiviación". *Conciencia Tecnológica* [en línea], 2008, (Aguascalientes - México), (35), pp. 32-35. ISSN 1405-5597. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94403504>.
36. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. *Guía De Apoyo Docente En Biodiversidad* [en línea]. Santiago de Chile - Chile: Alvimpress, 2018, p. 109. Disponible en: https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-biodiversidad-docentes_web.pdf
37. MORA, Abrahan., JUMBO, Diana., GONZÁLEZ, Max & BERMEO, Santos. "Niveles de metales pesados en sedimentos de la cuenca del río puyango, Ecuador". *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental* [en línea], 2016, 32 (4), pp. 385-397. ISSN 01884999. DOI 10.20937/RICA.2016.32.04.02. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2016.32.04.02>
38. MUYULEMA, J., CANGA, S., PUCHA, P. y ESPINOSA, C. "Evaluación de la contaminación por metales pesados en suelos de la Reserva Ecológica de Manglares Cayapas Mataje (REMACAM) – Ecuador" *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica* [en línea], 2019, (Ambato - Ecuador), 7 (42), pp. 40-61. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/riiit/v7n41/2007-9753-riiit-7-41-40.pdf>
39. ONDARSE ÁLVAREZ, Dianelys. *¿Qué es el agua?* [en línea]. Argentina, 2021. Disponible en: <https://concepto.de/agua/>
40. OSORES, F., GRÁNDEZ, J.A. y FERNÁNDEZ, J.L. "Mercurio y salud en Madre de Dios, Perú". *Acta Médica Peruana* [en línea], 2010, 27 (4), pp. 310-314. ISSN 1728-5917. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v27n4/a16v27n4.pdf>
41. OVIEDO, R., MOINA, E., NARANJO, J. y BARCOS, M. "Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera". *Revista Bionatura* [en línea], 2017, 2 (4), pp. 437-441. ISSN 13909355. DOI 10.21931/RB/2017.02.04.5. Disponible en: https://www.revistabionatura.com/pluginAppObj/pluginAppObj_163_03/Bionatura.-Vol-2-No-4--2017-ONLINE.pdf#page=25

42. PABÓN, S., BENÍTEZ, R., SARRIA, R. y GALLO, J. "Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción". Entre Ciencia e Ingeniería [en línea], 2020, 14 (27), pp. 9-18. DOI <https://doi.org/10.31908/19098367.1734>
43. PÉREZ, G., ARRIOLA, J., GARCÍA, T., SALDAÑA, M.L. y MENDOZA, J.C. "Evaluación de la calidad del agua de cuatro Jagüeyes del parque estatal "Flor del Bosque", Puebla, México". Revista Ra Ximhai [en línea], 2016, 12 (4), pp. 153-168. ISSN 1665-0441. DOI 10.35197/rx.12.01.e1.2016.09.gp. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46146927009.pdf>
44. POZO MIRANDA, Francisco. "Presencia de metales pesados Cadmio y Plomo en el estuario del río Chone Manabí, Ecuador". Ciencia UNEMI [en línea], 2017, 10 (24), pp. 123-130. ISSN 1390-4272. DOI 10.29076/issn.2528-7737vol10iss24.2017pp123-130p. Disponible en: <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/565/432>
45. QUISPE, R., QUISPE, G., CHUI, H., CÁCERES, S., CALATAYUD, A. y YÁBAR, P. "Concentración De Metales Pesados: Cromo, Cadmio Y Plomo En Los Sedimentos Superficiales En El Río Coata, Perú". [en línea], 2019, 36 (1), pp. 83-90. ISSN 0250-5460. DOI 10.34098/2078-3949.36.2.3. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v36n2/v36n2_a03.pdf
46. REYES, Y., VERGARA, I., TORRES, O., DÍAZ, M. & GONZÁLEZ, E. "contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria". Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo [en línea], 2016, 16 (2), pp. 66-77. ISSN 2422-4324. DOI 10.1007/BF02796157
47. RODRÍGUEZ HEREDIA, Dunia. "Intoxicación ocupacional por metales pesados". Medisan [en línea], 2017, 21 (12), pp. 3372-3385. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012
48. RODRÍGUEZ ESTIVAL, Jaime. Contaminación por plomo en caza mayor y ganadería en la zona minera del Valle de Alcudia y Sierra Madrona: uso de biomarcadores para el estudio de efectos subletales (Tesis) (Doctoral) [en línea]. Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos, Universidad de Castilla - La Mancha. 2012, p. 6. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/147177/1/contaminacionmineraganadera.pdf>
49. SALAS URVIOLA, Fernando. "Determinación de metales pesados en las aguas del río Ananea debido a la actividad minera aurífera, Puno - Perú". Revista Investig. (Esc.

- Posgrado) [en línea], 2014, 5 (4), pp. 47-53. Disponible en: <http://www.revistaepgunapuno.org/index.php/investigaciones/article/view/14>
50. index.php/investigaciones/article/view/14
51. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE (TULSMA). 2018. [en línea]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/TEXTO-UNIFICADO-DE-LEGISLACION-SECUNDARIA-DE-MEDIO-AMBIENTE.pdf>
52. UBILLUS LIMO, Julio. Estudio sobre la presencia del plomo en el medio ambiente de Talara (Tesis) (Pregrado) [en línea]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú, 2003, p. 14. Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/ubillus_lj/cap3.pdf
53. VAN TEIJLINGEN, K. "Minería a gran escala, pluralismo territorial y contención: Un mapeo de encuentros y desencuentros en la amazonía ecuatoriana". Estudios Atacameños. Arqueología y Antropología Surandina [en línea], 2019, pp. 275-299. DOI 10.22199/issn.0718-1043-2019-0031
54. VELLOSA, M., MASSAINE, G., MOLEDO DE SOUZA, D., SOLIS, O., ROSERO, B., GALARZA, E., TUBA, D., CARPINTERO, N., OCHOA, V. & CIPRIANI, I. "Un enfoque integrador para identificar los impactos de múltiples fuentes de contaminación por metales en el piedemonte andino oriental de la Amazonía ecuatoriana". Ciencia del Medio Ambiente Total [en línea], 2020, 709, pp. 136088. ISSN 0048-9697. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136088>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971936084X>
55. VILLA ACHUPALLAS, Mercedes., ROSADO, Daniel., AGUILAR, Silvio & GALINDO, María. "Calidad del agua en el hotspot de los Andes tropicales: el río Yacuambi (sureste de Ecuador)". Science of the Total Environment [en línea], 2018, 633, pp. 50-58. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.03.165

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).