



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Revisión sistemática de los impactos del mercurio por la
minería aurífera aluvial en aguas superficiales en el Perú**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Colonio Rafael, Urpi Anabela (ORCID: 0000-0002-4054-4809)

Sánchez Chuquiyauri, Esther (ORCID: 0000-0002-9474-1824)

ASESOR:

Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto (ORCID: 0000-0002-8200-4640)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios por guiar mi camino y otorgarme perseverancia en culminar aquello que inicie.

A mi mamá por su apoyo incondicional desde siempre.

A mi tía Miriam por su apoyo y consejos.

A mi Chimiko por tenerme fe y su compañía.

Anabela Colonio Rafael

Dedico con todo mi corazón a mi hermano Abraham, gracias a sus consejos motivacionales y a su gran fortaleza de querer aferrarse a la vida. A pesar que no esté físicamente en este mundo siempre vivirá en mi corazón. Por ende, he llegado hasta aquí y seguiré encaminándome con el fin de ayudar a los que más necesitan.

Esther Sánchez Chuquiyauri

Agradecimiento

A Dios por su fiel compañía

A mi familia por ser mi motivación

Al Doctor Lorgio, por su enorme
paciencia y gran apoyo

A Esther por su paciencia y apoyo.

Anabela Colonio Rafael

Agradecer principalmente a Dios
que me permitió culminar mis
estudios en la Universidad Cesar
Vallejo e iniciar un hermoso camino
y a mi esposo e hija gracias por la
comprensión y el apoyo sin su amor
no hubiera podido.

Esther Sánchez Chuquiyaui

Índice de contenidos

Carátula

| | |
|--|------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice de contenidos..... | iv |
| Índice de tablas | v |
| Índice de figuras | vi |
| RESUMEN | vii |
| ABSTRACT | viii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| III. METODOLOGÍA | 17 |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación..... | 17 |
| 3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorista | 17 |
| 3.3. Escenario de estudio | 19 |
| 3.4 Participantes..... | 19 |
| 3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 20 |
| 3.6 Procedimientos..... | 20 |
| 3.7 Rigor científico..... | 23 |
| 3.8 Método de análisis de Información | 23 |
| 3.9 Aspectos Ético..... | 23 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 23 |
| 4.1. Parámetros de aguas superficiales influenciados por la contaminación del mercurio | 23 |
| 4.2 Concentración del mercurio en aguas superficiales..... | 26 |
| 4.3 Concentración del mercurio en seres humanos y peces..... | 27 |
| V. CONCLUSIONES | 29 |
| VI. RECOMENDACIONES | 30 |
| IV. REFERENCIAS..... | 31 |
| ANEXOS | |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla N° 01 Estudios nacionales e internacionales de los impactos del mercurio en las aguas superficiales, en los seres humanos y peces..... | 11 |
| Tabla N° 02. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorista..... | 18 |
| Tabla N° 03. Resumen de participantes de la investigación..... | 19 |
| Tabla N° 04. Parámetros de aguas superficiales influenciados por la Contaminación del mercurio..... | 23 |
| Tabla N° 05. Concentración del mercurio en aguas superficiales..... | 26 |
| Tabla N°06. Concentración del mercurio en seres humanos y peces..... | 27 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Métodos básicos de extracción del oro en la minería aurífera aluvial..... | 5 |
| Figura 2. Representación esquemática de la extracción del oro aluvial | 6 |
| Figura 3. Fases del transporte del mercurio en el ambiente..... | 8 |
| Figura 4. Transporte del mercurio al recurso hídrico..... | 9 |
| Figura 5. Resumen de criterios de búsqueda..... | 22 |

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general analizar los impactos del mercurio en aguas superficiales por la práctica de la minería aurífera aluvial en el Perú. Para ello, se realizó la recopilación de información de artículos y tesis no mayor a 5 años de antigüedad, obteniéndose 19 documentos para este estudio. Los parámetros impactados por el vertimiento de aguas contaminadas por la minería aurífera provocaron una alteración de pH, OD y turbidez. En cuanto a las concentraciones de mercurio en aguas, se identificaron cantidades excesivas de Hg en el departamento de Ancash (2018), con un valor 0.171 mg/l superando el ECA de la categoría 3 (0.001 mg/l), así mismo, en el departamento de Cajamarca (2017) con 0.0025 mg/l sobrepasa los límites de la categoría 4 (0.0001 mg/l) del ECA. Respecto al análisis de Hg en cabello humano se reportó concentraciones valores de hasta $1,62 \pm 2,54 \mu\text{g/g}$ (Amazonas, 2019). Así mismo las máximas cantidades de mercurio en peces fue 1.50 mg/kg en jurel. Mostrando que el impacto negativo del Hg en aguas superficiales, perjudicando al ecosistema, peces y principalmente la salud humana, por ende, es necesario incrementar el número de investigaciones respecto a este tema.

Palabras clave: minería aurífera, parámetro, aluvial, mercurio.

ABSTRACT

The present research has the general objective of analyzing the impacts of mercury in surface waters due to the practice of alluvial gold mining in Peru. For this, the collection of information from articles and theses no more than 5 years old was carried out, obtaining 19 documents for this study. The parameters impacted by the discharge of water contaminated by gold mining caused an alteration in pH, DO and turbidity. Regarding mercury concentrations in water, excessive amounts of Hg were identified in the department of Ancash (2018), with a value of 0.171 mg / l exceeding the ECA of category 3 (0.001 mg / l), likewise, in the department of Cajamarca (2017) with 0.0025 mg / l exceeds the limits of category 4 (0.0001 mg / l) of the ECA. Regarding the analysis of Hg in human hair, concentrations values of up to $1.62 \pm 2.54 \mu\text{g} / \text{g}$ were reported (Amazonas, 2019). Likewise, the maximum amounts of mercury in fish was 1.50 mg / kg in horse mackerel. Showing that the negative impact of Hg in surface waters, harming the ecosystem, fish and mainly human health, therefore, it is necessary to increase the number of investigations regarding this issue

Keywords: gold mining, parameter, alluvial, mercury.

I. INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad antropogénica practicada en todo el mundo (Luo et al., 2019), consiste en la extracción de minerales y/o metales en zonas específicas en las que se ejecuta la exploración y explotación del material requerido (Song et al., 2020). Durante muchos años atrás se ha caracterizado por la complejidad que desempeña en cuanto a zonas subterráneas e instalaciones de pozos (Dempsey et al., 2018). Un ejemplo resaltante, es la minería aurífera que ha sido una actividad de nuestros ancestros, sin embargo las malas prácticas usadas en su ejecución, han logrado transformar la minería aurífera aluvial en actividades desarrolladas de manera legal e ilegal (Masocha et al., 2019), consistiendo en la extracción y apropiación del oro procedentes de ríos (García-Cossio et al., 2017), destacando la aplicación del mercurio líquido para la obtención del oro molido (Bose-O'Reilly et al., 2017).

La técnicas más usadas para la extracción del oro artesanal, consiste en la separación adherida entre el oro y el mercurio, por medio de técnicas de destilación manual (García y Quispe, 2021), así mismo, colocan el uso del mercurio en las prácticas de extracción del metal aurífero, generando toxicidad en el ambiente (Velásquez, 2017), a consecuencia de estas actividades, esto genera residuos en sedimentos, ríos y/o relaves sin ningún control ambiental (García y Quispe, 2021)

El mercurio en el ambiente es detectado de forma extendida y bioacumulada, originario de los procesos industriales y naturales. Es en América del Sur, que las emisiones de mercurio por prácticas de la minería aurífera abordan alrededor del 80%. Por lo que es considerado el mercurio una exposición muy crítica hacia la propagación de la cadena alimenticia (Ariza & Camargo, 2019; Crespo et al., 2020; Sprovieri et al., 2018).

En el Perú, la minería viene impulsada desde los años 80 impactando en temas económicos, deforestación, problemas en la agricultura, violencia política, entre otros componentes, incitando a un aumento del porcentaje de dicha actividad enfocada a la explotación de yacimientos auríferos aluviales (Mayorca, 2017). La minería aurífera aluvial, es un trabajo extractivo, desarrollado de manera legal e ilegal, esta última clasificación es la más ejecutada en la Amazonía (Lemus, 2017), donde se viene desarrollando e incumpliendo diversos permisos y requisitos señalados por la ley minera, laborando sin un tipo de permiso de uso del terreno, sin instrumentos y materiales ambientales, sin una licencia en la autoridad nacional del agua, sin pagar los tributos e incumplimiento los derechos laborales y de seguridad social (Muñoz, 2016).

El Perú desarrolla de manera activa la producción aurífera (World Gold Council, 2015 citado por Quispe, 2015), impactando en los recursos hídricos. En este caso el agua es afectada por su cambio físico y propiedades de los ríos, provocando el desborde de recorridos de agua y aumentando su espesor. En cuanto a la calidad del agua, esta se puede afectar debido a la minería, no solo por mercurio sino por sólidos, lubricantes, combustibles y sedimentos (Velásquez, 2017). El agua en el Perú, viene perdiendo la calidad y naturalidad a causa de la contaminación de actividades mineras que toman impulso en la Amazonía peruana. Claro ejemplo de ello, está la turbidez de los ríos que suele ser naturalmente 100 NTU (Unidad Nefelométrica de Turbiedad), pero en zonas mineras auríferas llegan un promedio desde 280 a 1,000 NTU (ANA, 2010), estimándose que desde los años 1980 se habría vertido 3,000 toneladas de mercurio a los ríos amazónicos (Velásquez, 2017).

Debido a las malas prácticas ejecutadas por las mineras auríferas, los cuerpos de aguas superficiales se ven afectados en sus características fisicoquímicas y con el incremento de mercurio en los mismos, afectando potencialmente a la población aledaña que tiene influencia directa a estos puntos de explotación minera. Por lo tanto, en el presente informe de

investigación se planteó como problema general, ¿Cuáles son los impactos del mercurio en aguas superficiales del Perú, debido a la práctica de la minería aurífera aluvial?, como problemas específicos tenemos, ¿Cuáles son los parámetros influenciados por la contaminación del mercurio en aguas superficiales del Perú?, ¿Cuál es la concentración del mercurio en aguas superficiales del Perú? y ¿Cuál es la concentración del mercurio en los seres humanos y peces del Perú?.

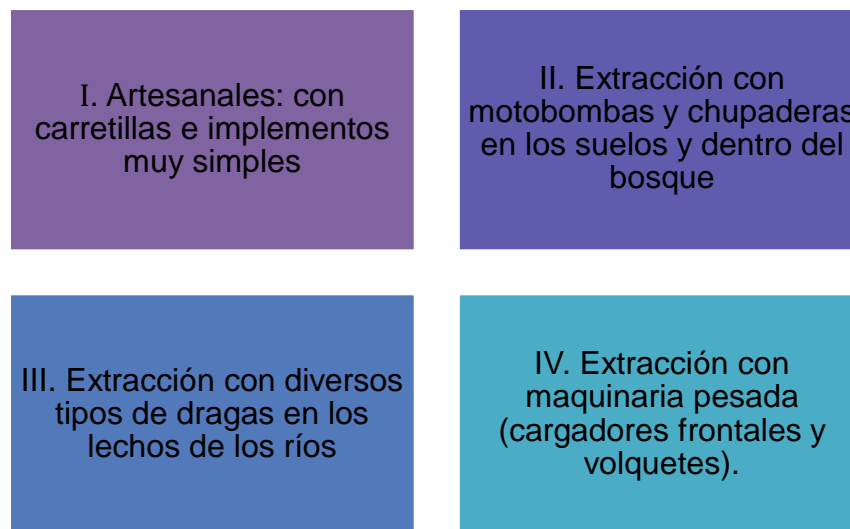
La presente tesis, se elabora con el fin de brindar un aporte teórico sobre los temas de actualización y recopilación de diversos datos, relacionados al tema de investigación, demostrando así, el problema existente en las fuentes de aguas superficiales, debido a la utilización del mercurio para las extracciones de oro, impactando no solo a los cuerpos de agua sino también a los humanos y peces.

El objetivo general es: Analizar los impactos del mercurio en aguas superficiales por la práctica de la minería aurífera aluvial del Perú, y entre los objetivos específicos tenemos: Identificar los parámetros influenciados por la contaminación del mercurio en aguas superficiales del Perú, Identificar la concentración del mercurio en aguas superficiales del Perú e identificar la concentración del mercurio en los seres humanos y peces del Perú.

II. MARCO TEÓRICO.

Para la extracción del oro se utiliza el método gravimétrico, en este método el material del suelo extraído pasa por un tamiz, separando el material grueso constituido por grava, luego el material separado pasa por un lavador con sacudidas y por vibración se logra separar el material pesado denominado arenas negras (Huamán Paredes et al., 2017), además de la extracción del oro mediante dragas y dragalina en gran escala, hasta hace poco se extraía gran parte del oro en forma artesanal mediante carretillas alimentándose a la parte superior de un sistema de sluices, que son canaletas inclinadas con rifles pequeños en el fondo para retener el oro colocados en forma perpendicular al flujo de agua (Valverde Luis, 2019), se extrae el oro explotando yacimientos aluviales o placeres auríferos en las llanuras o terrazas, con intensidad en los cauces de los ríos y terrazas. Los depósitos en terrazas, cerca de los lechos actuales de los ríos contienen mayores concentraciones de oro, se estima que llegan a concentraciones de hasta 0.31 gramos de oro por metro cúbico de grava aurífera (Castillo, 2019); en cuanto a la extracción del oro, que se encuentra en los suelos aluviales y en los lechos y orillas de los ríos, forzosamente se debe destruir el bosque, alterar totalmente el lecho y las orillas de los ríos, porque se trata de placeres auríferos, o sea no es posible extraer el oro aluvial sin destruir el bosque y el suelo (Álvarez et al., 2011), posterior se inserta la (Figura 1), en la cual se puede detallar los 4 procesos de extracción del oro en cuanto a la minería aurífera aluvial.

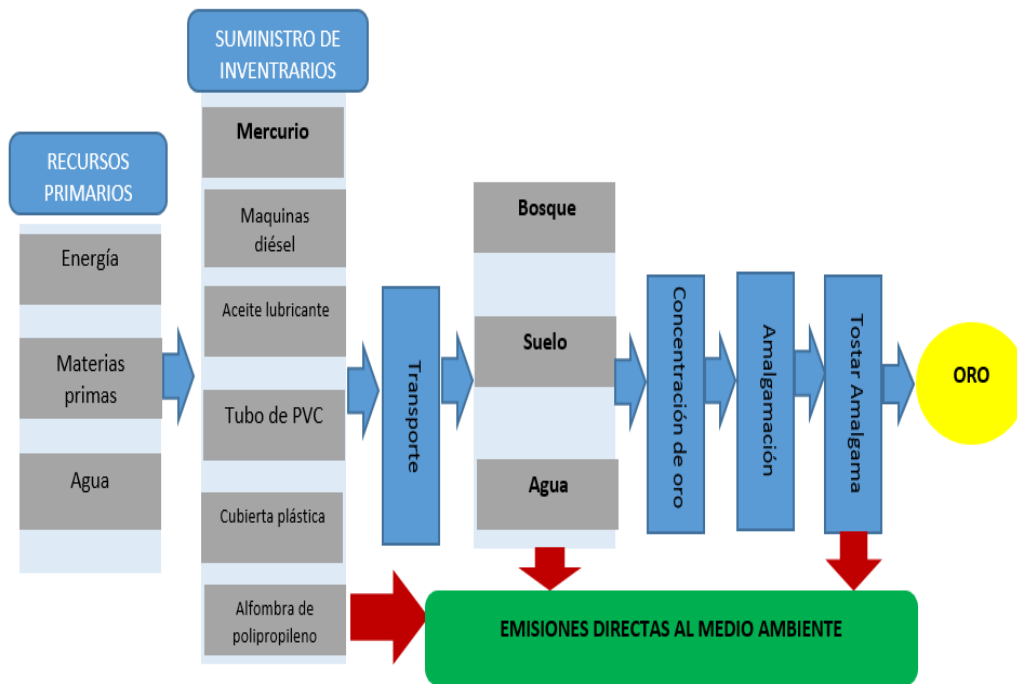
Figura 1. Métodos básicos de extracción del oro en la minería aurífera aluvial



Fuente: Álvarez et al, 2011

En la minería altamente desarrollada y formal, se utiliza maquinaria pesada como excavadoras, cargadores frontales y camiones de volteo, y la minería mínimamente desarrollada o ilegal usa bombas de succión (Velásquez, 2017), en esta última existen complicaciones en cuanto al uso del mercurio, debido a que utilizan equipos baratos, en las riberas de los ríos y áreas despejadas, las cuales son vulnerables en cuanto a sufrir una ruptura y verter las aguas al ecosistema con el alto contenido de Hg (Kleinhenz, 2017). En el siguiente proceso incluye: extracción de suelo o lodo, mediante procesos gravitacionales, en la cual se prioriza la recuperación de oro mediante técnicas de amalgamación para separar el oro de las formaciones aluviales (Kahhat et al., 2019), tal como se muestra en la siguiente Figura 2, se explica el proceso general del sistema de extracción y proceso de la minería aurífera. Asimismo, los insumos que participan como recursos primarios para la obtención del metal.

Figura 2. Representación esquemática de la extracción del oro aluvial



Fuente: Kahhat et al, 2019

Para la obtención del oro sólido, este es mezclado con algunas cantidades de mercurio, la cual consiste básicamente en pulverizar el mercurio y recuperar el oro como metal sólido (Yard et al., 2016), proceso denominado amalgación, los mineros artesanales amalgaman todo el mineral en pequeños molinos de bolas o pasando el mineral molido por compuertas hechas de placas de cobre cubiertas con mercurio (Schudel et al., 2018), posteriormente calientan la amalgama con un soplete o un dispositivo similar para separar el mercurio y el oro (Bose-O'Reilly et al., 2017), exponiéndose al vapor de mercurio y liberando mercurio a el entorno (Bose-O'Reilly et al., 2017). La amalgamación se usa ampliamente hoy en día en minas de oro aluviales a pequeña escala en todo el mundo y este método es clave para comprender la extracción de oro aluvial.

La calidad del agua, debido a que mantiene una relación con la salud del hombre, influye en la conservación de los ecosistemas y también en el desarrollo económico y social (Srivastava, Garima & Kumar, 2013), existen métodos usuales para determinar la calidad del agua, que se centra en comparar valores de parámetros determinados experimentalmente con estándares existentes (Ewaid et al., 2020), el nivel de pH es una medida del contenido de ácido del agua, cabe mencionar que la mayoría de las formas

de vida acuática tienden a ser muy sensibles al pH (Srivastava & Kumar, 2013), la turbidez, es una medida del grado en que el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión la conductividad del agua se incrementa al aumentar la temperatura del agua (Gebresilasie et al., 2021), también suele estar influenciado por los sólidos inorgánicos disueltos (Bwire et al., 2020), la contaminación de aguas superficiales se da de manera puntual y difusa, la primera consiste en la descarga de sus aguas, en un cauce natural, proviene de una fuente específica, como suele ser un tubo o dique, está asociada a las industrias y las aguas negras municipales, facilitando el transporte del mercurio proveniente del uso en las mineras (Cancapa, 2015).

En cuanto a las fuentes que liberan el mercurio al ambiente, se ha establecido en la tierra desde su creación, mediante el ciclo atmosférico natural como la desgasificación natural de la capa terrestre, la disolución de minerales de rocas, actividades volcánicas e incendios forestales, por lo que se afirma que proviene de fuentes naturales y artificiales (Caiza Caiza, 2018; Ramírez, 2017; León, 2017). Los procesos de transformación del mercurio, conciernen desde que el mercurio se traslada al medio ambiente, mediante el ciclo biogeoquímico, como lo observamos en la Figura 3, en la cual se puede apreciar las seis fases del transporte del mercurio que se dispersa en el ambiente.

Figura 3. Fases del transporte del mercurio en el ambiente



Fuente: Caiza Caiza, 2018; Ramírez, 2017

El arrastre del mercurio hacia el agua por la minería aurífera, inicia con el proceso de extracción, posterior se desarrolla el proceso de amalgación, es en este proceso en el que se elimina grandes cantidades de mercurio al medio ambiente (Yard et al., 2012). A partir de este punto es que existen varias vías que permiten que el Hg entre a las superficies de agua (Martínez, 2016), el mercurio es liberado en estado gaseoso por el proceso de amalgación (León, 2017, Yard et al., 2012), conducidos desde la atmósfera a los suelos por medio de lavado y arrastre a las aguas o directamente por acción de lluvias (Caiza, 2018), y en estado líquido cuando se da los vertimientos en los ríos sin ningún tratamiento requerido (León, 2017, Yard et al., 2012). Para un mejor entendimiento a continuación en la Figura 4. Transporte del mercurio al recurso hídrico, se detalla el proceso que sufre el mercurio desde su emisión por la minería aurífera aluvial.

Figura 4. Transporte del mercurio al recurso hídrico



Fuente: Johnson et al., 2018

El metil mercurio, representa una gran amenaza para los organismos acuáticos como las aves acuáticas, los peces, invertebrados y las personas que la consumen (Johnson et al., 2018). Este metal no es natural en nuestros alimentos, pero si pueden llegar a nuestro organismo a través del consumo de pescado, ya que estas consumen ciertas cantidades de mercurio debido a que este metal es el más pesado y presente en lagunas, ríos y mares (Pari, 2017). El agua es muy vulnerable a la contaminación por el mercurio y es más seguro que pase por la cadena alimenticia así como también propenso en encontrarse niveles elevados de mercurio debido a las actividades industriales, mineras, urbanas, el clima, hidrología, topografía y geología (Cabrera, Ruiz, y Javier, 2007 citado por Esmeraldas & Zambrano, 2018), cabe mencionar que el consumo de pescado es la manera más predispuesta de la contaminación del hombre con el mercurio en su organismo, desarrollando incidentes de episodios en la intoxicación aguda provocando lesiones pulmonares o hasta la muerte (Hacon et al., 2020; Yard et al., 2012).

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es un instrumento de gestión ambiental que se establece para medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional. El ECA establece los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan riesgos para la salud y el ambiente (MINAM, 2019), en cuanto a los estándares de calidad del agua, se tiene en consideración a los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios, las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas, también en cuanto a los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos, químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico (MINAM, 2017).

En cuanto a la organización mundial de la salud, es el completo estado de bienestar social físico y mental (Domínguez, 2018), es así que su fin laboral es la tarea de gobernar en cuanto al terreno de la salud y apostar para el fortalecimiento de los sistemas y gestiones públicos de salud en tiempos generales (Díaz, 2016), en este caso nos presenta límites específicos en cuanto al mercurio en peces y cabello de humanos (Reuben et al., 2019). En consiguiente, se presenta los antecedentes de la investigación, que tienen sustento nacional e internacional en la Tabla N°1.

Tabla N°01. Estudios nacionales e internacionales de los impactos del mercurio en las aguas superficiales, en los seres humanos y peces.

| Lugar | Tema | Tipo de muestra | Conclusiones | Autor |
|---------------------|--|--------------------------|--|--|
| Madre de Dios, Perú | | Agua de la poza Pato. | Es debido a la fisiografía que envuelve a la poza Pato, ubicada en terrazas bajas con un drenaje moderado y cercano a orillares que influye a que los valores de pH sean inestables con tendencia a la acidez. | (Luque, 2016) |
| Puno, Perú | | Agua de la laguna Lunar. | Se logró encontrar valores que exceden las normativas peruanas y de Canadá, también los valores que consideraban como referencia de Estados Unidos. | (Brousett et al, 2021) |
| Puno, Perú | Parámetros de aguas superficiales influenciados por la minería | Laguna Lunar de Oro | Debido al ecosistema de los ríos altamente degenerado, se muestra excesivamente acida y con muy bajos niveles de oxígeno disuelto, los cuales se establecen como no aptas para ningún uso en la población. | (Loza Del Carpio & Ccancapa Salcedo, 2020) |

| | | | | |
|-----------------------|---------------------|---|---|---------------------------|
| Arequipa, Perú | aurífera aluvial | Río Chalhuanca | Se logró encontrar diversas variaciones en cuanto a la concentración de los metales pesados, pero ninguno llego a sobrepasar los valores en cuanto a las normativas peruanas. | (Cristóbal Taco, 2018) |
| Huánuco, Perú | | Río Huallaga | Los análisis realizados en las aguas superficiales se mantienen dentro de los valores permitidos según la normativa peruana. | (Romero Salazar, 2021) |
| Iquitos, Perú | | Río Nanay | Posterior a los análisis realizados en el río se determinó que tienen tendencia a ser acida y bajos en Oxígeno. | (Guevara Ruiza, 2018) |
| Madre de Dios-Perú | | Río Pukiri, Jayave y Malinowski y Huepetue | Se obtuvo cambios en su morfología, también se vio alterado su turbidez, destacando que en el río no habita un ser vivo. | ANA,2010 |
| Madre de Dios-Perú | | Río de Tambopata | Las concentraciones de Mercurio se encontraron dentro de lo permitido y solo fueron encontradas en muestras de sedimentos. | Quispe,2015 |

| | | | | |
|----------------|----------------------------|----------------------|--|------------------------|
| Norte de Ghana | | Ríos Nangodi y Tinga | Debido al lavado directo de los minerales auríferos sus cuerpos de agua fueron alteradas excediendo los límites establecidos por la OMS, como mercurio, plomo y arsénico con 0.010mg / L; zinc con 3.0 mg / L y cadmio con 0.003 mg / L para agua potable. | (Cobbina et al., 2015) |
| Venezuela | | Golfo Triste | Las bajas concentraciones de oxígeno favoreció la metilación del mercurio. | (Smith et al., 2017) |
| Chile | | Laguna Señoraza | Fueron excesivamente altos los valores que mostro la concentración de mercurio en las muestras de sedimento, superando el límite establecido por la agencia de los Estados Unidos. | (Méndez, 2018) |
| Senegal | Concentración del mercurio | Río Gambia | Debido al transporte de las partículas de Hg tiende a esparcirse hacia el fondo de las aguas en zonas aledañas a MAPE. | (Niane et al., 2019) |
| Estados Unidos | en aguas superficiales | Río Carson | La presencia y producción de fitoplancton impulsa a la movilización del mercurio e incrementa su concentración. | (Morway et al., 2017) |

| | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|--|---------------------|
| Puno, Perú | Río Ananea | Se determinó que el pH de las aguas superficiales fueron ácidos, ya que se encontraban en el rango de 3.4 a 3.47 unidades, y la temperatura se mostró con mucha variación debido a la altitud. | (Ccancapa, 2015) |
| Puno, Perú | Río Crucero | Los componentes analizados mostraron que se afecta de manera negativa, debido a las actividades mineras, perjudicando la calidad del aire y agua. | (Pérez, 2019) |
| Nazca, Perú | Río San Luis | El mercurio excedió los límites permisibles en cuanto a su concentración dentro de la categoría de la población. | (Ccolque, 2019) |
| Gilgit- Baltistán, Pakistán | Ríos Indo, Gilgit y Hunza | Los niveles encontrados de Hg en el agua potable demuestran un gran riesgo potencial para la salud humana en una dosis promedio. | (Riaz et al., 2019) |

| | | | |
|---------------------|--|---|-------------------------|
| Busia, Uganda | Arroyo Namukombe | La concentración del Hg en más del 91.7% de las muestras de agua se encuentran por encima de los límites permisibles según el EPA de Estados Unidos. | (Omara et al,2019) |
| Puno, Perú | Río Ramis | Se evaluó que la aplicación de método ecológico sin mercurio tiende a demostrar una mayor eficiencia en cuanto a la reducción de la contaminación a los recursos naturales. | (León, 2017) |
| Tacna, Perú | Quebrada Cerro Lunar, laguna Rinconada y Rio Grande o Río Ramis. | El desarrollo de la minería aurífera favorece la destrucción y contaminación de la zona ecológica como agua, suelo y biodiversidad. | (Mina, 2017) |
| Colombia | Fuentes Hídricas | Se afirma que el mercurio se encuentra en concentraciones muy bajas debido a que es consumido de manera rápida por microorganismos acuáticos. | (Díaz-Arriaga, 2014) |
| Madre de Dios, Perú | Muestras de cabello de 1 cm. | No se mostró diferencias en cuanto a las concentraciones de mercurio en mujeres embarazadas y que estaban amamantando. | (González et al., 2019) |

| | | | |
|--------------------|--|--|------------------------------|
| Puno, Perú | Muestras de pescados Pejerrey y Jurel | La concentración de mercurio en las especies como son trucha y pejerrey es de 0.0082 mg/Kg, la presencia de mercurio en la laguna está por debajo de los límites permitidos. | (Foraquita, 2013) |
| Ghana | Muestras de orina | Una gran proporción de los mineros de oro a pequeña escala tienen una exposición al mercurio superior a los límites de exposición ocupacional. | (Mensah et al., 2016) |
| Kadoma | Muestras de orina y leche materna. | Intoxicación crónica por mercurio, con temblor, ataxia y otros síntomas neurológicos junto con un cuerpo elevado carga de mercurio fue clínicamente diagnosticada. | (Bose-O'Reilly et al., 2017) |
| Kadoma | Muestras de orina de 207 trabajadores | Se demostraron correlaciones entre factores de riesgo de exposición, como la falta de uso de retorta y valores elevados de mercurio. | (Mambrey et al., 2020) |
| Colombia | Personas | Mostró un efecto sobre la fatiga física y también hubo indicios de efectos positivos sobre otros síntomas por la intoxicación con mercurio. | (Schutzmeier et al, 2018) |
| Madre de Dios-Perú | Personas | Aumento de malaria en la comunidad. | (Sánchez et al., 2017) |

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Esta investigación es básica, porque busca poner a prueba una teoría con escasa intención de aplicar sus resultados a problemas prácticos, dado que su finalidad es recoger información de la realidad para enriquecer el conocimiento teórico y científico (Valderrama Mendoza, 2018)

El diseño de la investigación es narrativo, que mantiene un enfoque en una temática dado que, los diseños narrativos pretenden entender la sucesión de hechos situaciones y fenómenos (Hernández et al., 2014)

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorista

A continuación, se exhibe el cuadro o matriz de la categorización apriorista, en las que se detalla métodos y técnicas, las cuales son sustentadas con la recopilación bibliográfica de revistas científicas de acuerdo al estudio elaborado.

Tabla N°02. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorista

| Objetivos Específicos | Problema específica | Categoría | Subcategoría | Unidad de análisis |
|--|--|--|---|--|
| Identificar los parámetros influenciados por la contaminación del mercurio en aguas superficiales | ¿Cuáles son los parámetros influenciados por la contaminación del mercurio en aguas superficiales? | Parámetros Físicos y Parámetros Químicos | <ul style="list-style-type: none"> ● pH ● Oxígeno disuelto: ● Turbidez ● CE | Luque, 2018; Brousset et al, 2021; Loza y Ccancapa, 2020; Cristóbal, 2018; Romero, 2021; Guevara, 2018; ANA – Autoridad Nacional del Agua, 2010; Quispe, 2015; Cobbina et al., 2015. |
| Identificar la concentración del mercurio en aguas superficiales | ¿Cuál es la concentración del mercurio en aguas superficiales? | Concentración del mercurio | <ul style="list-style-type: none"> ● ug L ● mg / L | Niane et al, 2019; Morway et al, 2018; Ccancapa, 2015, 2019; Perez,2019, Ccolque, 2019; Omara et al, 2019; Rías et al., 2019. |
| Identificar la concentración del mercurio en los seres humanos y peces. | ¿Cuál es la concentración del mercurio en los seres humanos y peces? | Impactos y concentraciones de mercurio en seres humanos y peces. | <ul style="list-style-type: none"> ● Personas ● Peces | Díaz et al., 2019; Junaidi et al., 2019; Foraquita, 2019; Junaidi et al, 2015 ; Bose-O`Reilly, 2020 ; Mambrey et al, 2020 Mensah et al,2016; Schutzmeier et al,2018; Sanchez et al., 2017. |

Fuente: *Elaboración propia*

3.3. Escenario de estudio

Esta investigación no tiene un espacio de estudio específico ya que trata de una revisión sistemática.

3.4 Participantes

Los participantes en esta investigación están conformados por tesis de investigación por repositorios de universidades de prestigio como también de instituciones relacionadas con la explotación de la minería, así como también investigaciones de artículos de revistas científicas sea nacionales e internacionales, esta información fue obtenida de bases de datos tales como Scopus, Science Direct y Scielo. En el mismo orden, en la tabla 3, se califica los nombres de las bases consultadas para la presente investigación.

Tabla N°03. Resumen de participantes de la investigación

| Bases consultadas | Cantidad | Artículos | |
|-------------------|----------|-----------|---------|
| | | Inglés | Español |
| Scopus | 1 | 1 | - |
| Sciencedirect | 2 | 2 | - |
| Scielo | 8 | 8 | - |
| Tesis | 8 | - | 5 |
| Total | 19 | 11 | 5 |

Fuente: *Elaboración propia*

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El método aplicado en esta tesis se desarrolló en un análisis documental como base para la información con documentos escritos, textos, archivos, esto aclara acciones concretas en el análisis con la distribución de los datos, que consiste en un pre-análisis, codificación, y categorización, eso permite dar mayor forma de información, para que se organice los datos para una información manejable (Martínez Valdés, Martín G. y Veytia Buchel & Guadalupe, 2018). Posterior a ello se usó fichas que facilitaron el manejo y organización de la información requerida (Ver Anexo 1. Ficha de recolección de datos).

3.6 Procedimientos

Se fue estructurando el presente informe de investigación en tres fases de selección de información óptima.

i) Primera fase:

Inicio con un muestreo de artículos, para la recopilación máxima de información, priorizando y prevaleciendo la información en inglés, por lo que se obtuvo alrededor de 30 documentos informativos.

Se inició la recopilación de documentos en español, inglés, tales como: Artículos científicos (Scopus, Science Direct y Scielo), y tesis de investigación (repositorios de universidades de prestigio), referidos a la minería aurífera aluvial y al impacto que genera el mercurio, tal es así, que para determinar el material bibliográfico se utilizó las siguientes palabras clave: mercurio en aguas, impactos generados por el mercurio, calidad del agua frente al mercurio, minería aurífera aluvial. Así mismo se obtuvo 16 documentos: los artículos encontrados fueron en los siguientes idiomas: 11 en inglés y 5 en español, de las cuales 11 son revistas y 5 tesis actuales que datan de los años 2015 hasta el 2021.

Criterios de selección: Para el criterio de selección se consideró el análisis de los temas más resaltantes del estudio, se inició buscando en trilce y buscador académico sea para estudios de artículos y tesis de investigación, donde se consideraron buscar palabras claves para ambos casos de la siguiente manera : "human impacts from mining", "alluvial gold mining", "mercury", "water in mining", "water pollution from mining", "sources of Hg in surface waters", "impacts in mining

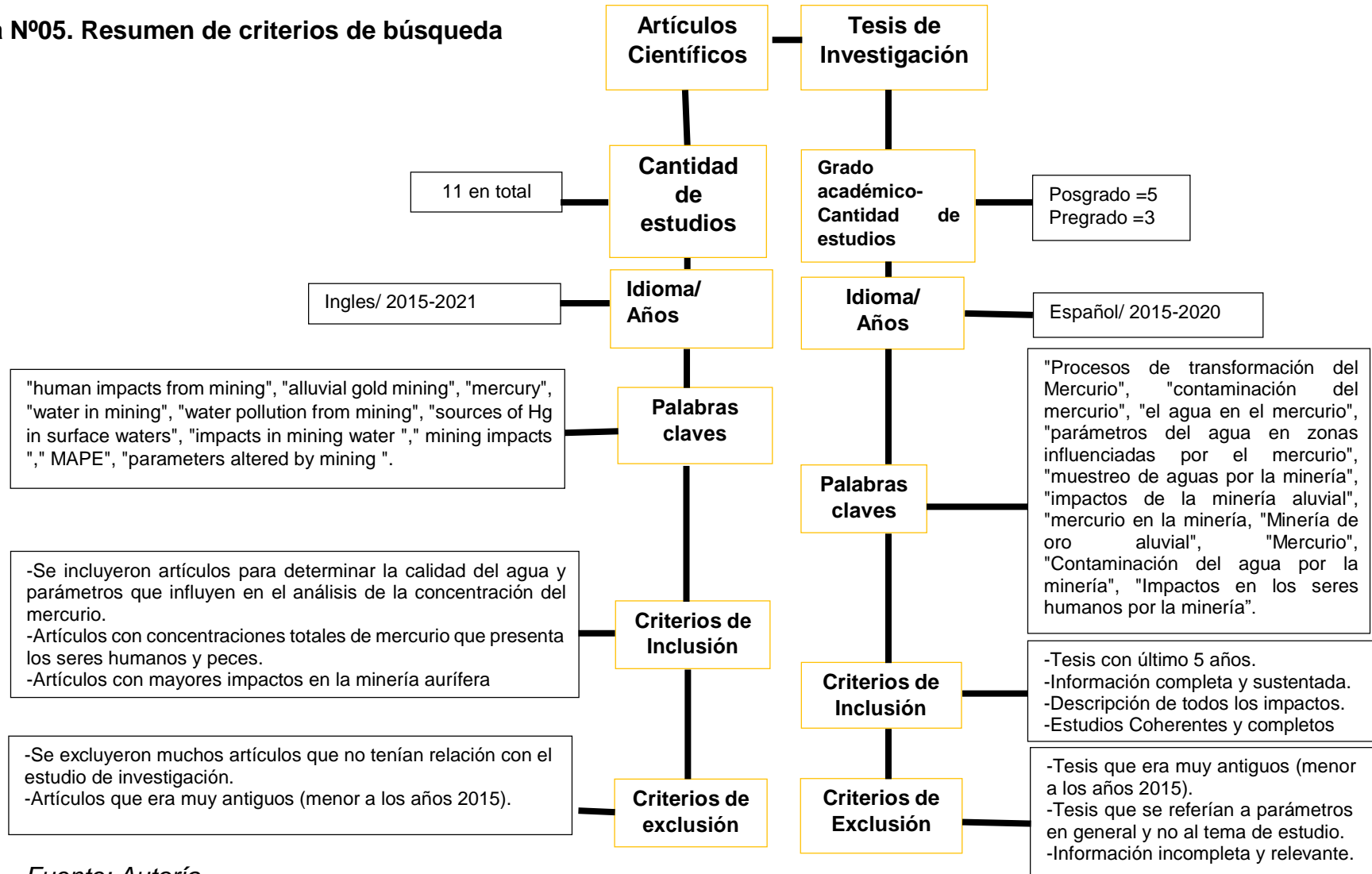
water "," mining impacts "," MAPE", "parameters altered by mining ", "Procesos de transformación del Mercurio", "contaminación del mercurio", "el agua en el mercurio", "parámetros del agua en zonas influenciadas por el mercurio", "muestreo de aguas por la minería", "impactos de la minería aluvial", "mercurio en la minería", "Minería de oro aluvial", "Mercurio", "Contaminación del agua por la minería", "Impactos en los seres humanos por la minería", siendo más específicos en la figura N° 04 de Resumen de criterios de búsqueda, donde se detalla el criterio de selección.

Etapas de estructuración: En esta última fase se estructuró y analizó, la información seleccionada para ser plasmada en los resultados a lo largo del presente proyecto de investigación según convenga, siendo excluidas 14 entre artículos y tesis; por lo que se llegó a obtener como filtración final 16 estudios en total, utilizadas de la siguiente manera en los resultados: a) Parámetros de aguas superficiales influenciados por la contaminación del mercurio, b) Concentración del mercurio en aguas superficiales y c) Concentración del mercurio en los peces y seres humanos.

- ii) **Organización de las referencias:** Se utilizó el programa Mendeley para la redacción, citado y referenciado de los artículos científicos al estilo ISO 690.

A continuación, se exhibe la figura 5 con criterios precisos y detallados de la exclusión e inclusión de la investigación, así como también de las palabras claves sobre la búsqueda de la investigación.

Figura N°05. Resumen de criterios de búsqueda



Fuente: Autoría

3.7 Rigor científico

Este trabajo de investigación cuenta con un rigor científico, describiéndose razonablemente, para determinar la validez de este trabajo, permitiendo plantear información clara que permita hacer una comparación y comprobación entre varias investigaciones como los conceptos y resultados establecidos de las cuales se pueden determinar cómo desarrollable y lógico (Ariza & Camargo, 2019; Soler & Enrique, 2012).

3.8 Método de análisis de Información

El estudio de esta información se elaboró estableciendo datos para el análisis, por medio de categorías teniendo en cuenta los objetivos y temas principales del estudio, en cada una de las categorías se elaboraron subcategorías como itinerarios, lo cual permitió el manejo adecuado hasta el momento de información durante esta investigación y aclarar el panorama que se va requerir para los resultados que vinculados con los objetivos.

3.9 Aspectos Ético

Esta investigación se ha desarrollado hasta el momento con información y contenido verídico, dichas fuentes fueron verdaderas y reales, citadas de manera cautelosa y siempre respetando las fuentes y derechos de los autores. Asimismo, es validado con la herramienta del turnitin, verificando la originalidad en la investigación desarrollada y de esa manera cumpliendo con el código de ética en un estudio científico de la Universidad César Vallejo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros de aguas superficiales influenciados por la contaminación del mercurio

A continuación, en la tabla 4, se presenta los parámetros influenciados por la contaminación del mercurio de la minería aurífera aluvial.

Tabla N°04. Parámetros de aguas superficiales influenciados por la Contaminación del mercurio

| Lugar | Parámetros Influenciados | ECA | Autor |
|------------------------|--|---|------------------------|
| Madre de Dios, Perú | pH: 7,53 ± 0.01 | El pH debe estar entre 6,5 -8,5+ | Luque, 2018. |
| Puno, Perú | <ul style="list-style-type: none"> ● pH 2.14 ± 0.08 ● OD 1.02 | El pH 6,5 – 8,5+ OD ≥ 4 | Brousset et al., 2021. |
| Puno, Perú | <ul style="list-style-type: none"> ● pH 3.44± 0.12 ● OD 2.84± 0.23 | El pH 6.5 – 9* OD ≥5 | Loza y Ccancapa, 2020. |
| Madre de Dios, Perú | <ul style="list-style-type: none"> ● pH (unidad): 6.16. ● Turbidez NTU (unidad de turbidez): 523.2. | El pH (unidad): 6.5 - 8.5+; Turbidez NTU (unidad de turbidez): 5 NTU | Gutiérrez, 2015. |
| Puno, Perú | <ul style="list-style-type: none"> ✓ pH (unidad): 3.4 a 3.47 ✓ Turbidez NTU 24.3 a 140.3 ✓ Oxígeno disuelto 2.27 a 3.28 | El pH (unidad): 5.5 - 8.5+; Turbidez NTU (unidad de turbidez): 5 NTU OD ≥ 4 | Salcedo, 2015. |

Como se observa en la tabla, según los estudios recopilados en relación a la influencia del mercurio en las aguas superficiales fueron 3 los parámetros alterados,

el pH OD y la turbidez, los valores encontrados son resultados obtenidos únicamente posterior a la contaminación por causa de la minería aurífera. Con respecto a la turbidez, los metales pesados al estar presentes en altas concentraciones en las descargas de industrias, pueden causar cambios físicos, químicos y biológicos dentro de los cuerpos de agua (Vera Cabezas et al., 2016), en el caso del OD se muestra muy inferior con 1.02 y 2.84 mg/L, que debería encontrarse superior a ≥ 5 mg/l de acuerdo a lo establecido en el ECA, esto es debido a que el agua pierde oxígeno.

En los ríos la sedimentación del oxígeno es baja y reduce la solubilidad del oxígeno, de cierta manera la contaminación orgánica contribuye en la reducción de los niveles de oxígeno (Castro & Ochoa, 2019), existe una baja de oxígeno disuelto en época de estiaje por aumento de valores de temperatura en los ríos, pero no en las pequeñas quebradas con cobertura vegetal (Luque, 2015). El oro se encuentra con otros minerales sulfurosos con Hg, lo cual origina oxidación en el medio acuático favoreciendo la reducción del pH (Yanapa Calsina, 2019). Por otro lado, también se sostiene que de manera general el Hg es metilado en valores de pH muy ácidos y se forma el dimetilmercurio, lo cual puede ser liberado del cuerpo de agua al aire (Smith et al, 2017)

Cobbina et al. (2015), menciona otros parámetros influenciados, como el arsénico, plomo, zinc y cadmio, estos parámetros fueron alterados por el vertido de los residuos tóxicos de la minería aurífera. Por otro lado, los parámetros analizados se acuerdo al ANA (2010) y Quispe (2015), fueron la turbidez y el pH, este último, mostro valores muy bajos que impactaron de manera acidas en los ríos. Asimismo, la relación del pH acido favorece el proceso de metilación que posterior impacta en los peces (Méndez, 2018).

Los resultados obtenidos de los autores nacionales, se basaron en el análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua superficial que mantenía cierta influencia a los sectores en los que se desarrollaba la minería aurífera, no se logró identificar una influencia directa en cuanto a la alteración de pH, OD y turbidez, por el mercurio el sistema acuático, debido a que ningún estudio recopilado lo sustenta, no obstante se afirma que el pH en medio acido, favorece la concentración y

transformación del mercurio en metil mercurio dentro de los cuerpos de aguas superficiales.

Seguidamente en la tabla 5, se presenta las concentraciones del mercurio en aguas superficiales por la contaminación de la minería aurífera aluvial en aguas superficiales.

4.2 Concentración del mercurio en aguas superficiales

Tabla N° 05. Concentración del mercurio en aguas superficiales

| Ubicación | Concentración del Hg (mg/L) | Autor |
|----------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Ancash, Perú | 0.035 (*) | Solórzano, 2015 |
| Puno, Perú | Marzo: 0.00034 ± 0.00032(+) | Loza y Ccancapa, 2020 |
| Ancash, Perú | 0.063, 0.032 y 0.171 (*) | Rivera y Moccetti, 2018 |
| Cajamarca, Perú | 0.0012 y 0.0025 (+) | García y Zeta, 2017 |
| Cerro de Pasco, Perú | <0.0006(*) | Vega, 2017 |
| Tumbes, Perú | <0.001(+) | Fernández, 2018 |
| Puno, Perú | 0.00034 (+) | Salcedo, 2015 |

(*) ECA categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales (0.001 mg/l).

(+) ECA categoría 4: conservación del medio acuático (0.0001 mg/l).

Como se observa en la tabla 5, los seis estudios presentados se compararon con 2 categorías de las cuales, cuatro estudios sobrepasaron los límites (Solórzano (2015), Loza y Ccancapa (2020), Rivera y Moccetti (2018), García y Zeta (2017) y Salcedo, 2015) y dos estudios restantes estuvieron dentro de los límites permitidos según el ECA (Vega, 2017 & Fernández, 2018).

En primer lugar, en los 4 primeros resultados de la tabla 5, estas fueron similares a lo reportado por Niane et al., (2019), Omara et al., (2019); León, (2017) & Mina,

(2017), donde también se superaron los límites permitidos debido al mercurio, específicamente en Niane et al., (2019), menciona de forma general que el aumento de la concentración es por el transporte de partículas del Hg, siendo responsables de la diseminación y alta concentración. Ccolque (2019) señala que el agua tiende a contaminarse del mercurio debido a los vertidos de estos, que posteriormente se sedimenta y que por la acción de dos bacterias *Pseudomonas* spp y anaeróbicas (que contienen la enzima metano-sintetasa), permiten retener y fijar mercurio en agua y así mismo transformarlas en metilmercurio (muy toxico), es así que en algunos estudios las concentraciones del mercurio en los cuerpos de aguas se ven altamente alterados. En segundo lugar, en los 2 últimos resultados de la tabla no se vieron alterados las concentraciones de mercurio, como nos indica Pérez (2019) donde menciona que a pesar que el mercurio es insoluble al agua (debido a su densidad), este mercurio es depositado a sedimentos y/o absorbidos por plantas o algas que se encuentran en los cauces de ríos.

4.3 Concentración del mercurio en seres humanos y peces

A continuación, en la tabla 6, se aprecia las concentraciones en los seres humanos y peces impactados por la contaminación del mercurio de la minería aurífera aluvial.

Tabla N°06. Concentración del mercurio en seres humanos y peces

| Ubicación | Objeto de análisis | de | Concentración del Hg | Autor |
|------------------|---------------------------------|----|---|-----------------------------------|
| Madre Dios, Perú | de Cabello niños | de | 2.43 µg / g (*) | Reuben et al, 2020 |
| Amazonas, Perú | Cabellos mujeres en edad fértil | de | 1,62 ± 2,54 µg / g (*) | González et al., 2019 |
| Madre Dios, Perú | de peces | | 4 meses de edad un pez: 0,04 mg/kg de peso húmedo, 6 meses de un pez: 0,06 mg / kg y 8 meses de edad de un pez 0,08 mg / kg (+) | Langeland, Hardin y Neitzel, 2017 |

| | | | |
|---------------------|----------|---|--|
| Madre de Dios, Perú | de peces | 0.28 ± 0.24 (+) | Martínez et al, 2018 |
| Ancash, Perú | Peces | 0.238 Y 0.988 mg / kg (+) | Bertolotti Rivera & Noé Moccetti, 2018 |
| Arequipa, Perú | Peces | Bonito:0.047, Jurel: 0.029 y pejerrey: 0.010(+) | Ancori & Ramos, 2019. |
| Amazonia Peruana | Peces | 0.09 µg·g ⁻¹ (+) | Pandura et al, 2020. |

(*) Nivel max según la OMS 2,0 µg / g

(+) Nivel max según la EPA 0,3 mg / g

Se recopiló 2 estudios realizados en el Perú en cuanto al análisis de los cabellos de las personas para determinar la concentración de mercurio y fueron 5 las investigaciones desarrolladas en Madre de Dios (2), Ancash (1), Arequipa (1) y Amazonia peruana (1), en las que se evalúa la concentración del mercurio en los peces de agua superficial. Las altos niveles de concentración de mercurio en personas y peces se debió a que existía una influencia directa el vivir en zonas críticas a la explotación de oro, en el caso de los peces se dio porque su habitad se encontraba cerca de la minería artesanal en pequeña escala (Martinez et al, 2018; Bertolotti Moccetti, 2018; Langeland, Hardin y Neitzel, 2017), por lo que corrían un mayor riesgo al consumir alimentos mediante la agricultura, tomar agua de rio y respirar el aire contaminado por particulas suspendidas de Hg , por los procesos de la minería aurifera, es por ello que en su mayoría las personas presentan problemas en el hígado y riñon, tambien en el desarrollo cognitivo, físico y visomotora (Reuben et al, 2020 & Bertolotti Moccetti, 2018), otros autores nos indican que mientras más tiempo permanecen los peces en los rios más concentraciones de mercurio absorben (Langeland, Hardin y Neitzel, 2017).

Según Foraquita, (2019), determinó que la contaminación de las aguas superficiales de la minería aurifera por el mercurio inicia con los vertidos de estos al agua, donde se trasforma en metilmercurio (sustancia toxica) ingresando en la

cadena trófica y llegando a los peces donde se acumula. Por otro lado, Gonzales (2019), determinó altas concentraciones de Hg en el cabello a 67 personas, debido a dos puntos principales. Primero, los mineros no utilizaban EPP (equipo de protección personal) provocando un contacto directo con el mercurio, así mismo el otro punto es mediante el consumo excesivo de peces impactados por la minería, esto da ingreso al mercurio en personas ocasionando intoxicación y/o originando problemas neurológicos.

V. CONCLUSIONES

- No se encontró investigaciones que evidencien el impacto del vertimiento del mercurio en la calidad del agua, y en cuanto a los parámetros alterados solo se evidenciaron por el vertimiento de diversos residuos tóxicos como el mercurio provenientes de las mineras hacia los cuerpos de agua, y dentro de estos se encuentran el pH, OD y turbidez, es en cuanto al pH que al mostrarse elevadamente ácido en aguas superficiales, favorece el proceso de metilación del mercurio, posteriormente es acumulado en los peces.
- En las concentraciones de mercurio en agua, se identificó cantidades excesivas de acuerdo al ECA, como en los estudios de Solórzano (2015) en la ciudad de Áncash con 0.035 mg/l, Rivera y Moccetti (2018) en Ancash con 0.063 mg/l, 0.032 mg/l y 0.171 mg/l, excediendo hasta 60 veces mayor del límite del ECA categoría 3 (0.001 mg/l), en cuanto a Loza & Ccancapa (2020) y Salcedo, 2015 en Puno con 0.00031 mg/l y 0.0034 mg/l y García & Zeta (2017) en Cajamarca con 0.0012 mg/l y 0.0025 mg/l, sobrepasaron el ECA de categoría 4 (0.0001 mg/l), excediendo hasta en 20 veces mayor del límite, esto es debido a los vertidos de Hg en agua, así mismo también se observó concentraciones dentro de los límites según el ECA en los estudios de Vega (2017) con 0.001 mg/l y Fernández (2018) con <0.0001 mg/l.
- En los análisis de cabello, se identificó concentraciones altas de mercurio, en Madre de Dios fue 2.43 µg/g y en Amazonas fueron de 1,62 ± 2,54 µg/g, dando como resultado síntomas irreversibles para el ser humano. Así mismo las cantidades de mercurio en peces en Madre de Dios, fueron 0.04 mg/kg, 0.06 mg / kg y 0.08 mg / kg, de igual manera en otro estudio, de esa misma

ciudad las concentraciones de mercurio en peces de pejerrey fueron 0.010 mg/kg, jurel 0.029 mg/kg y bonito 0.047 mg/kg y en la Amazonia peruana de 0.09 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ por último, los estudios en Áncash sobre peces fueron, 0.238 mg/kg y 0.988 mg/kg de mercurio.

VI. RECOMENDACIONES

- Profundizar las investigaciones en el Perú sobre los parámetros de agua y el cómo son impactados por la minería aurífera aluvial, debido a que no se encontraba mucha información actual. Solo se contó con alrededor de 5 investigaciones en las que se detallan los análisis en los cuerpos de agua con una antigüedad de 5 años. Asimismo, detallar acerca de los parámetros y su influencia al encontrarse elevado e inferior en cuanto a los estándares establecidos.
- Promover como una técnica de recuperación el uso de *Eichhornia Crassipes* Jacinto de agua, para la reducción en cuanto a la concentración del mercurio en las aguas que son impactadas debido a las minerías en especial la aurífera aluvial, por otro lado, un buen manejo de los residuos que se vierten aplicando un previo tratamiento que busquen reducir la concentración del mercurio en el sistema acuático.
- Así mismo se recomienda hacer un plan de prevención, tales como brindar conocimiento a los trabajadores y/o participantes en las mineras que manipulan el mercurio, sobre las concentraciones de mercurio en personas, para así ejecutar medidas de reducción y evitar vertimiento hacia los cuerpos de agua, de esta manera reducir las tasas de enfermedades y muertes degenerativas vinculadas a estas y monitorear por un periodo no mayor a 4 meses a mujeres embarazadas, en edad fértil y bebés.

IV. REFERENCIAS

- Álvarez, J., Sotero, V., Brack, A., & Ipenza, C. (2011). Minería Aurífera En Madre De Dios Y La Contaminación Con Mercurio: Una Bomba De Tiempo. In Ministerio Del Ambiente. Disponible en: http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/mineria_a_urifera_en_madre_de_dios.pdf
- Ana (Autoridad Nacional Del Agua). (2010). Vigilancia De La Calidad Del Agua En Los Ríos Tambopata, Malinowski E Inambari - Madre De Dios. Disponible en: <Http://Mddconsortium.Org/Wp-Content/Uploads/2014/11/Ana-2010-Calidad-De-Agua-Tambopata-Malinowski-Inambari.Pdf>
- Ancori y S. Ramos, 2019. Concentración de mercurio en productos hidrobiológicos de mayor consumo en la población escolar de las Instituciones Educativas de Mollendo, Arequipa. Journal of Chemical Information and Modeling [en línea], pp. 121. ISSN 1098-6596. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004. Disponible en: http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9116/CNllantm%26mer_a_sp.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Ariza, L., & Camargo, T. (2019). Guía Metodológica Para El Muestreo De Suelos Contaminados Con Mercurio Por Minería Del Oro En Colombia. 24. Https://Ciencia.Lasalle.Edu.Co/Cgi/Viewcontent.Cgi?Article=2137&Context=Ing_Ambiental_Sanitaria
- Badilla. (2018). Evaluación Del Grado De Contaminación Con Mercurio (Hg) En Laguna La Señoraza : Evaluación Del Grado De Contaminación Con Mercurio (Hg) En Laguna La Señoraza: Agua , Sedimentos Y Biota. [Http://Repositorio.Udec.Cl/Jspui/Bitstream/11594/3403/6/Tesis_Evaluación_Del_Grado_De_Contaminación_Con_Mercurio %28hg%29 En Laguna La Señoraza.Image.Marked.Pdf](Http://Repositorio.Udec.Cl/Jspui/Bitstream/11594/3403/6/Tesis_Evaluación_Del_Grado_De_Contaminación_Con_Mercurio_%28hg%29_En_Laguna_La_Señoraza.Image.Marked.Pdf)

Bertolotti Rivera, F., & Noé Moccetti, N. (2018). Concentración De Plomo, Mercurio Y Cadmio En Músculo De Peces Y Muestras De Agua Procedentes Del Río Santa, Ancash - Perú. *Salud Y Tecnología Veterinaria*, 6(1), 35.

<https://doi.org/10.20453/Stv.V6i1.3376>

Bose-O'reilly, S., Bernaudat, L., Siebert, U., Roider, G., Nowak, D., & Drasch, G. (2017). Signs And Symptoms Of Mercury-Exposed Gold Miners. *International Journal Of Occupational Medicine And Environmental Health*, 30(2), 249–269. <https://doi.org/10.13075/ljomeh.1896.00715>

Brousett Et Al. (2021). Physical-Chemical And Microbiological Evaluation Of Water For Human Consumption Puno - Perú. *Perupág.* [187 - 207]. 187–207. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071-081x2018000100005&script=sci_arttext

Brooks, W.E., Öztürk, H. Y Cansu, Z., 2017. Amalgamation And Small-Scale Gold Mining At Ancient Sardis, Turkey. *Archaeological Discovery [En Línea]*, Vol. 05, No. 01, Pp. 42-59. Issn 2331-1959. Doi 10.4236/Ad.2017.51003. Disponible En: https://www.researchgate.net/publication/312929202_Amalgamation_And_Small-Scale_Gold_Mining_At_Ancient_Sardis_Turkey.

Bwire, G., Sack, D. A., Kagirita, A., Obala, T., Debes, A. K., Ram, M., Komakech, H., George, C. M., & Orach, C. G. (2020). The quality of drinking and domestic water from the surface water sources (lakes, rivers, irrigation canals and ponds) and springs in cholera prone communities of Uganda: an analysis of vital physicochemical parameters. *BMC Public Health*, 20(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09186-3>

Cabrera, C., Ruiz, M., Y Javier, F. (2007). Mercurio En Aguas Del Sureste De España: Posible Fuentes De Contaminación. *Ars Pharm*, 37-53. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/ars/article/view/4977>

- Castillo, A. (2019). Impacto socioeconómico ambiental de la minería ilegal e informal y estrategias legales viables para su formalización en Madre de Dios - 2017. In Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Castro, A., & Ochoa, K. (2019). Universidad Nacional De Huancavelica "Violencia. Repositorio Institucional - UNH, 80. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2755>
- Ccancapa, Y. (2015). Contaminación Del Agua Superficial Y Sedimentos Por Mercurio En La Rinconada, Originado Por La Minería Informal (Ananea-Puno). Contaminación Del Agua Superficial Y Sedimentos Por Mercurio En La Rinconada, Originado Por La Minería Informal (Ananea- Puno) Tesis, 1–254. Http://Tesis.Unap.Edu.Pe/Bitstream/Handle/Unap/2383/Oblitas_Huayllapuma_Elizabeth_Quinto_Apaza_Deyse.Pdf?Sequence=1
- Caiza Caiza, G. F. (2018). Mercurio En El Suelo. [Http://147.96.70.122/Web/Tfg/Tfg/Memoria/Gisela Fernanda Caiza Caiza.Pdf](Http://147.96.70.122/Web/Tfg/Tfg/Memoria/Gisela_Fernanda_Caiza_Caiza.Pdf)
- Pérez Capa M. (2019). Evaluación De Riesgo Ambiental En El Área De Influencia Minera Del Río Crucero Por Plomo Y Mercurio - Distrito De Ananea. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6780>
- Ccolqqe, E., 2019. Contaminación Minera en el Área Sur-Medio del Perú por la Minería del Oro a Pequeña Escala. Artículos universitarios [en línea], pp. 1-67. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/174074/TFM Elsa Ccolqqe.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/174074/TFM_Elsa_Ccolqqe.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Tesis
- Cobbina, S. J., Duwiejuah, A. B., Quansah, R., Obiri, S., & Bakobie, N. (2015). Comparative Assessment Of Heavy Metals In Drinking Water Sources In Two Small-Scale Mining Communities In Northern Ghana. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 12(9), 10620–10634. <https://doi.org/10.3390/ijerph120910620>

- Crespo-Lopez, M. E., Augusto-Oliveira, M., Lopes-Araújo, A., Santos-Sacramento, L., Yuki Takeda, P., Macchi, B. De M., Do Nascimento, J. L. M., Maia, C. S. F., Lima, R. R., & Arrifano, G. P. (2020). Mercury: What Can We Learn From The Amazon? *Environmental International*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106223>
- Cristobal Taco, J. J. (2018). Determinación De Metales Pesados En El Río Chalhuanca En El Anexo De Tarucamarca-Tisco-Caylloma. 62. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/unsa/7389/amcrtajj.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Dempsey, P. G., Kocher, L. M., Nasarwanji, M. F., Pollard, J. P., & Whitson, A. E. (2018). Emerging Ergonomics Issues And Opportunities In Mining. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph15112449>
- Díaz-Arriaga, F. A. (2014). Mercury In Asgm And Its Impact On Water Resources Used For Domestic Water Supply. *Revista De Salud Publica*, 16(6), 947–957. <https://doi.org/10.15446/rsap.v16n6.45406>
- Díaz, S.M., Muñoz-Guerrero, M.N., Palma-Parra, M., Becerra-Arias, C. Y Fernández-Niño, J.A., 2018. Exposure To Mercury In Workers And The Population Surrounding Gold Mining Areas In The Mojana Region, Colombia. *International Journal Of Environmental Research And Public Health* [En Línea], Vol. 15, No. 11. Issn 16604601. Doi 10.3390/ijerph15112337. Disponible En: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6421955/pdf/I2156-9614-9-21-190302.pdf>.
- Ewaid, S. H., Abed, S. A., Al-Ansari, N., & Salih, R. M. (2020). Development and evaluation of a water quality index for the Iraqi rivers. *Hydrology*, 7(3), 1–14. <https://doi.org/10.3390/HYDROLOGY7030067>

Esmeraldas & Zambrano. (2018). Evaluación De La Concentración De Mercurio En Agua Y Sedimento En El Río Carrizal. [Http://Repositorio.Espam.Edu.Ec/Xmlui/Handle/42000/738](http://Repositorio.Espam.Edu.Ec/Xmlui/Handle/42000/738)

Feingold, B. J., Berky, A., Hsu-Kim, H., Rojas Jurado, E., & Pan, W. K. (2020). Population-based dietary exposure to mercury through fish consumption in the Southern Peruvian Amazon. *Environmental Research*, 183(February, 2019), 108720.

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108720>

Fernández, J. (2018). Nivel De Contaminación Por Metales Pesados: Hg, Pb, As Y Cianuro (Cn-), En El Naciente Río Binacional Puyango –Tumbes (Perú – Ecuador). *Juegos Didàcticos En El Àrea De Matemàtica En Niños Y Niñas De 5 Años De La I.E. N° 80038 – “San Francisco De Asis “– La Esperanza*, 2019, 95. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13007>

Foraquita, J. (2013). Valoración De Riesgo Ambiental Por Presencia De Plomo Y Mercurio En La Trucha Y Pejerrey Provenientes De La Zona De Arapa. *Universidad Nacional Del Altiplano De Puno*, 1–13. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10119>

García, Luis & Zeta, J. (2017). Facultad De Ingeniería Y Arquitectura 01 Facultad De Ingeniería Y Arquitectura. 94. [Http://Repositorio.Ucv.Edu.Pe/Bitstream/Handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_Rs-Sd.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y](http://Repositorio.Ucv.Edu.Pe/Bitstream/Handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_Rs-Sd.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y)

García-Cossio, F., Cossio-Mosquera, H., García, B.C., Palacios, V.S. Y García, L.E.C., 2017. Artisanal mining and the use of plant diversity. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, vol. 70, no. 2, pp. 8213-8223.

ISSN22487026. DOI 10.15446/rfna.v70n2.64525.

García y Quispe, 2021. Evaluación de mercurio en relaves mineros auríferos y sus efectos ambientales en suelos domiciliarios del Centro Poblado de Secocha. [en línea], pp. 20-22. Disponible en: http://190.119.145.150:8010/proyectos_vri/index.php/report/index/4843.

- Gebresilasie, K. G., Berhe, G. G., Tesfay, A. H., & Gebre, S. E. (2021). Assessment Of Some Physicochemical Parameters And Heavy Metals In Hand-Dug Well Water Samples Of Kafta Humera Woreda, Tigray, Ethiopia. *International Journal Of Analytical Chemistry*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8867507>
- Gonzalez, D. J. X., Arain, A., & Fernandez, L. E. (2019). Mercury Exposure, Risk Factors, And Perceptions Among Women Of Childbearing Age In An Artisanal Gold Mining Region Of The Peruvian Amazon. *Environmental Research*, 179(April), 108786. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108786>
- González, N. Del C. (2016). Impactos De La Minería Aurífera Aluvial, En El Deterioro De La Microcuenca Del Río Huepetuhe; Madre De Dios - Perú. 96. <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/152/6050813.pdf?sequence=1&isallowed=Y>
- Giovana Guevara Ruiz, Yngrid 2018. Evaluación De La Calidad De Agua Superficial Y Sedimentos De La Cuenca Nanay – Periodo 2017. [En Línea], Disponible En: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5811>
- World Gold Council .Gold Demand Trends Full Year 2015. 2016. Disponible en: <https://www.gold.org/news-and-events/press-releases/gold-demand-falls-q2-2015-reduced-consumer-appetite-asia-outweighs>
- Gutiérrez La Torre. (2015). Impactos Mineros, Agropecuarios Y De La Conservación En La Calidad Del Agua Y Los Sedimentos, Cuenca Tambopata, Madre De Dios. Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad De Agronomía, 67. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/unalm/2195/T01-G88-T.Pdf?sequence=1&isallowed=Y>
- Hernández, Roberto., Fernández, C., y Baptista, P. Metodología de la investigación (6. ° ed.). México: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, 2014. 634 pp. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

- Hacon, S. De S., Oliveira-Da-Costa, M., Gama, C. De S., Ferreira, R., Basta, P. C., Schramm, A., & Yokota, D. (2020). Mercury Exposure Through Fish Consumption In Traditional Communities In The Brazilian Northern Amazon. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 17(15), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155269>.
- Huamán Paredes, E., Visitación Figueroa, L., Flores del Pino, L., & Vicuña Puente, D. (2017). Efecto Tóxico Y Ecotoxicológico De Arenas Negras De La Minería Artesanal En Madre De Dios. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 83(4), 403–411. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v83i4.213>
- Johnson, T. K. B., Leprevost, C. E., Kwak, T. J., & Cope, W. G. (2018). Selenium, Mercury, And Their Molar Ratio In Sportfish From Drinking Water Reservoirs. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 15(9), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091864>
- Junaidi, M., Krisnayanti, B.D., Juharfa Y Anderson, C., 2019. Risk Of Mercury Exposure From Fish Consumption At Artisanal Small-Scale Gold Mining Areas In West Nusa Tenggara, Indonesia. *Journal Of Health And Pollution [En Línea]*, Vol. 9, No. 21. Issn 21569614. Doi 10.5696/2156-9614-9.21.190302. Disponible En: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6266810/>.
- Kahhat, R., Parodi, E., Larrea-Gallegos, G., Mesta, C., & Vázquez-Rowe, I. (2019). Environmental Impacts Of The Life Cycle Of Alluvial Gold Mining In The Peruvian Amazon Rainforest. *Science Of The Total Environment*, 662, 940–951. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.246>
- Kleinhenz, M., 2017. Illegal Gold Mining In Peru: A Push Toward Formalization? *Leveraging Peru's Economic Potential [En Línea]*, Vol. 35. Disponible En: <https://core.ac.uk/download/pdf/228662644.pdf>.
- Kwon, S. Y., Blum, J. D., Yin, R., Tsui, M. T. K., Yang, Y. H., & Choi, J. W. (2020).

Mercury Stable Isotopes For Monitoring The Effectiveness Of The Minamata Convention On Mercury. *Earth-Science Reviews*, 203(August 2019), 103111. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103111>

Langeland, A. L., Hardin, R. D., & Neitzel, R. L. (2017). Mercury Levels In Human Hair And Farmed Fish Near Artisanal And Small-Scale Gold Mining Communities In The Madre De Dios River Basin, Peru. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph14030302>

Lemus, B. L. P. (2017). De La Actividad Minera Aurífera Tradicional A La Ilegal En El Municipio De Unión Panamericana, Chocó (2008-2012). 1–14. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/34387/Perealembettyleonor2017.pdf?sequence=1&isallowed=Y>

León Banegas Ruth Gabriela. (2017). Eficiencia Del Método Ecológico Sin Mercurio Respecto Al Tradicional Con Mercurio En La Extracción De Oro En Minería Artesanal En Ollachea – Puno. 106. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/unap/6409/León_Banegas_Ruth_Gabriela.pdf?sequence=1&isallowed=Y

Llerena Ancori, T., & Mendiola Ramos, S. P. (2019). "Concentración De Mercurio En Productos Hidrobiológicos De Mayor Consumo En La Población Escolar De Las Instituciones Educativas De Mollendo, Arequipa. *Journal Of Chemical Information And Modeling*, 121. <https://doi.org/10.1017/Cbo9781107415324.004>

Loza Del Carpio, A.L. Y Ccancapa Salcedo, Y., 2020. Mercury In A High Altitude Andes Stream With Strong Impact By Artisanal Aurifer Mining (La Rinconada, Puno, Peru). *Revista Internacional De Contaminacion Ambiental [En Línea]*, Vol. 36, No. 1, Pp. 33-44. Issn 01884999. Doi 10.20937/Rica.2020.36.53317. Disponible En:

[Http://Www.Scielo.Org.Mx/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S0188-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-)

499920200001000
33.

Luo, Z., Ma, J., Chen, F., Li, X., Hou, H., & Zhang, S. (2019). Cracks Reinforce The Interactions Among Soil Bacterial Communities In The Coal Mining Area Of Loess Plateau, China. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 16(24). <https://doi.org/10.3390/ijerph16244892>

Luque, E. (2016). Evaluación Ambiental De La Calidad Del Agua De Tres Pozas Formadas Por Trabajos De Extracción De La Minería No Metálica En El Centro Poblado El Triunfo De La Región De Madre De Dios – 2016. Repositorio Unamad. [Http://Repositorio.Unamad.Edu.Pe/Handle/Unamad/332](http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/unamad/332)

Madera, M. (2019). Especiación De Mercurio En Sedimentos De La Mojana Sucreña Mediante Desorción Térmica Programada. *Especiación De Mercurio En Sedimentos De La Mojana Sucreña Mediante Desorción Térmica Programada*, 8(5), 55. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/2599/Madera%20posada%20maria%20carolina.pdf?sequence=1&isallowed=Y>

Mambrey, V., Rakete, S., Tobollik, M., Shoko, D., Moyo, D., Schutzmeier, P., Steckling- Muschack, N., Muteti-Fana, S., & Bose-O'reilly, S. (2020). Artisanal And Small- Scale Gold Mining: A Cross-Sectional Assessment Of Occupational Mercury Exposure And Exposure Risk Factors In Kadoma And Shurugwi, Zimbabwe. *Environmental Research*, 184(March), 109379. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109379>

Martinez, G., Mccord, S. A., Driscoll, C. T., Todorova, S., Wu, S., Araújo, J. F., Vega, C. M., & Fernandez, L. E. (2018). Mercury Contamination In Riverine Sediments And Fish Associated With Artisanal And Small-Scale Gold Mining In Madre De Dios, Peru. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*,

15(8), 1–15.
<https://doi.org/10.3390/ljerph15081584>

Martinez Y Castro, 2020. Evaluación del riesgo ambiental por presencia de mercurio generado por la actividad minera artesanal en el río Namballe, San Ignacio - Cajamarca. Universidad Andina del Cusco [en línea], pp. 94. Disponible en:
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Martínez, X. (2016). El Mercurio Como Contaminante Global: Desarrollo De Metodologías Para Su Determinación En Suelos Contaminados Y Estrategias Para La Reducción De Su Liberación Al Medio Ambiente. Universitat Autònoma De Barcelona, 0, 246. Disponible en : <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/3174/xgm1de1.pdf>

Martínez Valdés, Martín G. Y Veytia Buchel, M., & Guadalupe. (2018). Análisis Documental Sobre Formación En Sustentabilidad En La Educación Universitaria. Disponible en :
https://www.researchgate.net/profile/Martin-Gerardo-Valdes/publication/337088810_Analisis_documental_sobre_la_formacion_en_sustentabilidad_en_la_educacion_universitaria/links/5dc4586a299bf1a47b1f7847/Analisis-documental-sobre-la-formacion-en-sustentabilidad-en-la-educacion-universitaria.pdf

Masocha, M., Dube, T., Mambwe, M., & Mushore, T. D. (2019). Predicting Pollutant Concentrations In Rivers Exposed To Alluvial Gold Mining In Mazowe Catchment, Zimbabwe. *Physics And Chemistry Of The Earth*, 112(February), 210–215. <https://doi.org/10.1016/J.Pce.2018.12.007>

Mensah, E. K., Afari, E., Wurapa, F., Sackey, S., Quainoo, A., Kenu, E., & Nyarko, K.

M. (2016). Exposure Of Small-Scale Gold Miners In Prestea To Mercury, Ghana, 2012. The Pan African Medical Journal, 25(Supp 1), 6. <https://doi.org/10.11604/Pamj.Supp.2016.25.1.6171>.

Méndez, C. B. (2018). Evaluación Del Grado De Contaminación Con Mercurio (Hg) En Laguna La Señoraza : Evaluación Del Grado De Contaminación Con Mercurio (Hg) En Laguna La Señoraza : Agua , Sedimentos Y Biota. <http://repositorio.udec.cl/xmlui/handle/11594/3403>

Mina Aycaya Raul, 2017. Propuesta de mitigación de la contaminación por el uso minero del mercurio de la Laguna La Rinconada. [en línea], Disponible en:

http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/2482/1019_2017_mina_aycaya_or_fain_ingenieria_minas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MINAM, 2017. Manual de buenas prácticas en minería aurífera aluvial. pp. 6-9.

Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>.

MINAM.(2019). Estandar de calidad ambiental para aguas. Ministerio del ambiente. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/308391-estandar-de-calidad-ambiental>

Morway, E. D., Thodal, C. E., & Marvin-Dipasquale, M. (2017). Long-Term Trends Of Surface-Water Mercury And Methylmercury Concentrations Downstream Of Historic Mining Within The Carson River Watershed. Environmental Pollution, 229, 1006–1018. <https://doi.org/10.1016/J.Envpol.2017.07.09>

Muñoz Ospino, 2016. Optimización Del Sistema De Bombeo Y Manejo De Las Aguas Residuales Producto De La Explotación Minera En La Mina De Carbon San Fernando, Operada Por Carbones San Fernando Sas, Vereda Paso Nivel, Amaga-Antioquia. *Resma* [en línea], vol. 3, no. 2, pp. 13-22.

Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1613/1/TGT-348.pdf>

Niane, B., Guédron, S., Feder, F., Legros, S., Ngom, P. M., & Moritz, R. (2019). Impact Of Recent Artisanal Small-Scale Gold Mining In Senegal: Mercury And Methylmercury Contamination Of Terrestrial And Aquatic Ecosystems. *Science Of The Total Environment*, 669, 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.108>

Omara, Karungi, Raymond Kalukusu, Brenda, Victoria Nakabuye, Sarah Kagoya & Bashir Musau. (2019). Mercuric Pollution Of Surface Water, Superficial Sediments, Nile Tilapia (*Oreochromis Nilotica* Linnaeus 1758 [Cichlidae]) And Yams (*Dioscorea Alata*) In Auriferous Areas Of Namukombe Stream, Syanyonja, Busia, Uganda. *Peerj*, 2019(10). <https://peerj.com/preprints/27832.pdf>

Panduro, et al., 2020. Bioacumulación por mercurio en peces y riesgo por ingesta en una comunidad nativa en la amazonia peruana: Bioaccumulation of mercury in fish and risk of ingestion in an indigenous community in the Peruvian Amazonia.

Rev Inv Vet Perú 2020 [en línea], vol. 31, no. 3, pp. 1-15. Disponible en:

<https://core.ac.uk/download/pdf/337285955.pdf>.

Pari, D. (2017). Efectos De Los Relaves Mineros En La Calidad Del Agua Del Río Ananea – Puno. Tesis. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/unap/7074?show=full>

Quispe Aquino, R. (2015). Evaluación De La Contaminación Por Metales Pesados En Cuerpos De Agua Dejadados Por La Minería Aurífera, En La Comunidad Nativa De Tres Islas Del Departamento De Madre De Dios. Noviembre, 128. <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/unamad/112/004-2-3-035.pdf?sequence=1&isallowed=Y>.

Ramirez, M. V, Rios, J.N., Barrantes, J.G., Torres, R.E. Y ..., 2020. Soil Degraded By Alluvial Gold Mining In The Peruvian Amazon: Classification

Applying Soil Taxonomy (2014) And Wrb (2015). Authorea ... [En Línea], No. 2014, Pp. 1-12. Disponible En: <https://www.authorea.com/doi/full/10.22541/au.158274605.50704492>.

Reuben, A., Frischtak, H., Berky, A., Ortiz, E.J., Morales, A.M., Hsu-Kim, H., Pendergast, L.L. Y Pan, W.K., 2020. Elevated Hair Mercury Levels Are Associated With Neurodevelopmental Deficits In Children Living Near Artisanal And Small-Scale Gold Mining In Peru. *Geohealth* [En Línea], Vol. 4, No. 5. Issn 24711403. Doi 10.1029/2019gh000222. Disponible En: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7240868/pdf/gh2-4-e2019gh000222.pdf>.

Riaz, A., Khan, S., Muhammad, S., & Shah, M. T. (2019). Mercury Contamination In Water And Sediments And The Associated Health Risk: A Case Study Of Artisanal Gold-Mining. *Mine Water And The Environment*, 38(4), 847–854. <https://doi.org/10.1007/s10230-019-00613-5>.

Romero Salazar, S.V., 2021. Determinación De Cadmio, Mercurio Y Plomo En Peces Amazónicos Y Análisis De Agua Procedentes Del Río Huallaga En El Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento De Huánuco 2020. [En Línea], Disponible En: <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2784>.

Salcedo (2015). Contaminación Del Agua Superficial Y Sedimentos Por Mercurio En La Rinconada, Originado Por La Minería Informal (Ananea- Puno). Contaminación Del Agua Superficial Y Sedimentos Por Mercurio En La Rinconada, Originado Por La Minería Informal (Ananea- Puno) Tesis, 1–254. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1908>

Sanchez, J. F., Carnero, A. M., Rivera, E., Rosales, L. A., Christian Baldeviano, G., Asencios, J. L., Edgel, K. A., Vinetz, J. M., & Lescano, A. G. (2017). Unstable Malaria transmission in the southern peruvian amazon and its association with gold mining, madre de dios, 2001-2012. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 96(2), 304–311.

<https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0030>.

Schutzmeier, P., Focil Baquerizo, A., Castillo-Tandazo, W., Focil, N., & Boseo'reilly, S. (2018). Efficacy Of N,N'bis-(2-Mercaptoethyl) Isophthalamide On Mercury Intoxication: A Randomized Controlled Trial. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 17(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/S12940-018-0358-1>

Smith, Jenifer; Colina Marinela; Colina Gilberto; Sánchez, Jesús, Montilla, B. (2017).

Ciencias Químicas. Especiación De Mercurio En El Caño Alpargatón Y En Las Zonas Marino –Costero Del golfo triste (venezuela), 2, 17–35
<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/1031>

Soler, P., & Enrique, A. (2012). Reflexion Sobre El Rigor Cientifico En La Investigacion Cualitativa. *Estudios Sobre El Mensaje Periodístico*, 18, 879–888. <http://Revistas.Ucm.Es/Index.Php/EsmP/Article/Download/40966/39217>

Solorzano Poma Eloy, 2015. Evaluacion Del Impacto Ambiental De Las Aguas Superficiales De La Quebrada Sipchoc Por Efecto Del Drenaje De La Actividad Minera Huancapetí.- 2014. *Ciencia E Investigación [En Línea]*, Vol. 4, No. 1, Pp.

78-79. Issn 1561-0861. Doi 10.15381/Ci.V4i1.5537. Disponible En: http://Repositorio.Unasam.Edu.Pe/Bitstream/Handle/Unasam/2611/T033_3265

7894_M.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y.

Song, W., Song, W., Gu, H., & Li, F. (2020). Progress In The Remote Sensing Monitoring Of The Ecological Environment In Mining Areas. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 17(6).

<https://doi.org/10.3390/Ijerph17061846>

Sprovieri, F., Pirrone, N., Bencardino, M., Amore, F. D., Carbone, F., Cinnirella, S.,

Mannarino, V., Landis, M., Weigelt, A., Brunke, E., Labuschagne, C., Munthe, J., Wångberg, I., Artaxo, P., Morais, F., & De, H. (2018). Epa Public Access. <https://doi.org/10.5194/acp-16-11915-2016>. Atmospheric

Srivastava, 2013. Water Quality Index With Missing Parameters. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 02, no. 04, pp. 609-614. ISSN

23217308. DOI

10.15623/ijret.2013.0204035.

https://www.academia.edu/3636601/water_quality_index_with_missing_parameters

Valderrama Mendoza, S. R. (2018). Percepción de la enseñanza científica y conocimientos de Metodología de la Investigación Científica en estudiantes de maestría. <https://1library.co/document/z317808y-percepcion-ensenanza-cientifica-conocimientos-metodologia-investigacion-cientifica-estudiantes.html>

Valverde Luis, M. Á. (2019). *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Facultad De Ingeniería*. 92. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/629/1/T026_71393625_T.pdf

Vargas Licon, S. P., & Marrugo Negrete, J. L. (2019). Mercury, methylmercury and other heavy metals in fish in Colombia: Risk from Ingestion. *Acta Biologica Colombiana*, 24(2), 232–242. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.74128>

Vega Janampa, E. (2017). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Escuela De Post Grado Maestría En Gestión De Sistema Ambiental. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/825/1/T026_40196815_M_VE_GA%20JANAMPA.pdf

Vera Cabezas, L., Uguña, M., García Alvear, N., Flores, M., & Vázquez Freire, V. (2016). Eliminación de los metales pesados de las aguas residuales mineras utilizando el bagazo de caña como biosorbente. *Afinidad: Revista*

de Química Teórica y Aplicada, 73(573), 43–49.

Velásquez, M. (2017). Metales En Suelos Explotados Por La Pequeña Minería Aurífera

Aluvial En Madre De Dios, Perú.
150.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2893>.

Velásquez, et al, 2020. Mercurio En Áreas Degradadas Por La Minería Aurífera Aluvial En La Amazonía - Una Mirada Inicial Al Suelo. Disponible En: https://www.researchgate.net/publication/344959881_Mercurio_En_Areas_Degradadas_Por_La_Mineria_Aurifera_Aluvial_En_La_Amazonia_-_Una_Mirada_Inicial_Al_Suelo

Yanapa Calsina, R. (2019). Alteración de Factores Físico-Químicos (PH, STS y Metales Pesados) de efluentes del Método Bórax y Método Amalgamación en la Recuperación del Oro, *Ananea*. 103. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4152>

Yard, E. E., Horton, J., Schier, J. G., Caldwell, K., Sanchez, C., Lewis, L., & Gastañaga, C. (2016). Mercury Exposure Among Artisanal Gold Miners In 47 Madre De Dios, Peru: A Cross-Sectional Study. *Journal Of Medical Toxicology*, 8(4), 441–448. <https://doi.org/10.1007/S13181-012-0252-0>

ANEXOS 1

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | |
|---|---|-----------|
| CATEGORÍA | Parámetros Físicos y Parámetros Químicos | |
| SUBCATEGORÍAS | Ph (unidad) | OD |
| PARÁMETROS INFLUENCIADOS | 7.53, 2.14, 1.02, 3.44, 2.84, 6.16 | 1.02,2.84 |
| Turbidez (NTU) | | |
| PARÁMETROS INFLUENCIADOS | 523.3 | |
| AUTORES | Luque, 2018; Brousset et al., 2021; Loza y Ccancapa, 2020, Gutiérrez, 2015 & Salcedo,2015 | |
| OBJETIVOS | Identificar los parámetros del agua superficial influenciados por la contaminación del mercurio | |
| METODOLOGÍA | Comparar con el ECA categoría 3 y 4 | |
| CONCLUSIONES | | |
| No se encontró investigaciones que evidencien el impacto del vertimiento del mercurio en la calidad del agua, y en cuanto a los parámetros alterados solo se evidenciaron por el vertimiento de diversos residuos tóxicos como el mercurio provenientes de las mineras hacia los cuerpos de agua, y dentro de estos se encuentran el pH, OD y turbidez, es en cuanto al pH que al mostrarse elevadamente ácido en aguas superficiales, favorece el proceso de metilación del mercurio, posteriormente es acumulado en los peces | | |

Fuente: *Elaboración propia*

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | |
|---|---|
| CATEGORÍA | Concentración del mercurio en aguas superficiales |
| SUBCATEGORÍAS | mg / L |
| AUTORES | Solórzano, 2015; Loza y Ccancapa, 2020; Rivera y Moccetti, 2018; García y Zeta, 2017; Vega, 2017, Yarlequé, 2019 y Salcedo, 2015 |
| OBJETIVOS | Identificar la concentración del mercurio en aguas superficiales |
| METODOLOGÍA | Comparar con el ECA: categoría 3 y 4 |
| RESULTADOS | CONCLUSIONES |
| <ul style="list-style-type: none"> •Caudal mínimo: 0.035 mg/L •Marzo: 0.00031 mg/L; •0063 mg/L, 0,,032 mg/L y 0.171 mg/L •0,0012 y 0,0025 mg/L •0,001 mg/L • <0.0001 mg/L. | <p>En las concentraciones de mercurio en agua, se identificó cantidades excesivas de acuerdo al ECA, como en los estudios de Solórzano (2015) en la ciudad de Ancash con 0.035 mg/l, Rivera y Moccetti (2018) en Ancash con 0.063 mg/l, 0.032 mg/l y 0.171 mg/l, excediendo hasta 60 veces mayor del límite del ECA categoría 3 (0.001 mg/l), en cuanto a Loza & Ccancapa (2020) en Puno con 0.00031 mg/l y García & Zeta (2017) en Cajamarca con 0.0012 mg/l y 0.0025 mg/l, sobrepasaron el ECA de categoría 4 (0.0001 mg/l), excediendo hasta en 20 veces mayor del límite, esto es debido a los vertidos de Hg en agua, así mismo también se observó concentraciones dentro de los límites según el ECA en los estudios de Vega (2017) con 0.001 mg/l y Fernandez (2018) con <0.0001 mg/l.</p> |

Fuente: *Elaboración propia*

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | |
|---|---|---|
| CATEGORÍA | Concentraciones de mercurio en seres humanos y peces | |
| SUBCATEGORÍAS | PERSONAS | PECES |
| | Muestras de cabello | Especies |
| AUTORES | Reuben et al, 2020; González et al., 2019; Langeland, Hardin y Neitzel, 2017; Martínez et al, 2018, Bertolotti Rivera & Noé Moccetti, 2018, Ancori & Ramos, 2019 & Panduro et al, 2020. | |
| OBJETIVOS | Identificar la concentración del mercurio en los seres humanos y peces | |
| RESULTADOS | | CONCLUSIONES |
| <p>CABELLO: 2.43 µg / g; 36 µg Hg / g & 1,62 ± 2,54 µg / g.</p> <p>PECES: 0,04 mg/kg de peso húmedo, 6 meses de un pez: 0,06 mg / kg y 8 meses de edad de un pez 0,08 mg / kg; 0,01 mg / kg y 1,50 mg / kg & 0.238 Y 0.988 mg / kg.</p> | | <p>En los análisis de cabello, se identificó concentraciones altas de mercurio, en Madre de Dios fué 2.43 µg/g y en Amazonas fueron de 1,62 ± 2,54 µg/g, dando como resultado síntomas irreversibles para el ser humano. Así mismo las cantidades de mercurio en peces en Madre de Dios, fueron 0.04 mg/kg, 0.06 mg / kg y 0.08 mg / kg, de igual manera en otro estudio, de esa misma ciudad las concentraciones de mercurio en peces de pejerrey fueron 0.01 mg/kg y jurel 1.50 mg/kg, por último, los estudios en Áncash sobre peces fueron, 0.238 mg/kg y 0.988 mg/kg de mercurio</p> |

Fuente: *Elaboración propia*



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Siendo las 14:50 horas del 14/07/2021, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulada: "REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LOS IMPACTOS DEL MERCURIO POR LA MINERÍA AURÍFERA ALUVIAL EN AGUAS SUPERFICIALES EN EL PERÚ", presentado por los autores SANCHEZ CHUQUIYAURI ESTHER, COLONIO RAFAEL ANABELA URPI estudiantes de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

| Autor | Dictamen |
|-----------------------------|-----------------|
| ANABELA URPI COLONIO RAFAEL | Unanimidad |

Firmado digitalmente por:
FSERNAQUEA el 16 Jul 2021
19:33:59

FERNANDO ANTONIO SERNAQUE
AUCCAHUASI
PRESIDENTE

Firmado digitalmente por: SCREYNAR el 16
Jul 2021 21:36:46

SAMUEL CARLOS REYNA
MANDUJANO
SECRETARIO

Firmado digitalmente por: LVALDIVIEZOG el 16
Jul 2021 15:23:08

LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO
GONZALES
VOCAL



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Siendo las 14:50 horas del 14/07/2021, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulada: "REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LOS IMPACTOS DEL MERCURIO POR LA MINERÍA AURÍFERA ALUVIAL EN AGUAS SUPERFICIALES EN EL PERÚ", presentado por los autores SANCHEZ CHUQUIYAURI ESTHER, COLONIO RAFAEL ANABELA URPI estudiantes de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

| Autor | Dictamen |
|----------------------------|-----------------|
| ESTHER SANCHEZ CHUQUIYAURI | Unanimidad |

Firmado digitalmente por:
FSERNAQUEA el 16 Jul 2021
19:33:59

**FERNANDO ANTONIO SERNAQUE
AUCCAHUASI
PRESIDENTE**

Firmado digitalmente por: SCREYNAR el 16
Jul 2021 21:36:46

**SAMUEL CARLOS REYNA
MANDUJANO
SECRETARIO**

Firmado digitalmente por: LVALDIVIEZOG el 16
Jul 2021 15:23:08

**LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO
GONZALES
VOCAL**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Nosotros, SANCHEZ CHUQUIYAURI ESTHER, COLONIO RAFAEL ANABELA URPI identificados con DNIs N° 46144462, 70272065, (respectivamente) estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, autorizamos (X), no autorizamos () la divulgación y comunicación pública de nuestra Tesis: "REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LOS IMPACTOS DEL MERCURIO POR LA MINERÍA AURÍFERA ALUVIAL EN AGUAS SUPERFICIALES EN EL PERÚ".

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo, según esta estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de NO autorización:

| |
|--|
| |
|--|

LIMA, 05 de Julio del 2021

| Apellidos y Nombres del Autor | Firma |
|---|---|
| COLONIO RAFAEL ANABELA URPI DNI: 70272065 ORCID 0000-0002-4054-4809 | Firmado digitalmente por: ACOLONIO el 05-07-2021 12:18:47 |
| SANCHEZ CHUQUIYAURI ESTHER DNI: 46144462 ORCID 0000-0002-9474-1824 | Firmado digitalmente por: ESANCHEZC11 el 05-07- 2021 12:18:46 |

Código documento Trilce: TRI - 0120871



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALDIVIEZO GONZALES LORGIO GILBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LOS IMPACTOS DEL MERCURIO POR LA MINERÍA AURÍFERA ALUVIAL EN AGUAS SUPERFICIALES EN EL PERÚ", cuyos autores son SANCHEZ CHUQUIYAURI ESTHER, COLONIO RAFAEL ANABELA URPI, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 08 de Julio del 2021

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| VALDIVIEZO GONZALES LORGIO GILBERTO DNI: 40323063 ORCID 0000-0002-8200-4640 | Firmado digitalmente por: LVALDIVIEZOG el 08-07- 2021 17:51:41 |

Código documento Trilce: TRI - 0123947



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, SANCHEZ CHUQUIYAURI ESTHER, COLONIO RAFAEL ANABELA URPI estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LOS IMPACTOS DEL MERCURIO POR LA MINERÍA AURÍFERA ALUVIAL EN AGUAS SUPERFICIALES EN EL PERÚ", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|---|---|
| ANABELA URPI COLONIO RAFAEL DNI: 70272065 ORCID 0000-0002-4054-4809 | Firmado digitalmente por: ACOLONIO el 05-07-2021 12:18:53 |
| ESTHER SANCHEZ CHUQUIYAURI DNI: 46144462 ORCID 0000-0002-9474-1824 | Firmado digitalmente por: ESANCHEZC11 el 05-07- 2021 12:18:51 |

Código documento Trilce: TRI - 0120872