UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Evaluación del riesgo ambiental por presencia de mercurio generado por la actividad minera artesanal en el rio Namballe, San Ignacio - Cajamarca

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Garcia Martinez Luis Alberto (ORCID: 0000-0003-1770-8497)

Zeta Castro Jose Luis (ORCID: 0000-0001-7674-1727)

ASESOR:

Dr. Cajan Alcántara John William (ORCID: 0000-0003-2509-9927)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de gestión ambiental

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios por su sabiduría que nos engrandece cada día y su amor infinito.

A nuestros padres: Juan José Zeta y Luzmila Castro; así como a Marcos García y Olinda Martínez por ser excelentes padres y amigos que encaminaron nuestras vidas para la superación, por el apoyo en todo momento, depositando su confianza y siempre creyeron en nosotros en cada reto que se presenta en la vida.

Luis Alberto y José Luis

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios y su Hijo Jesús, por ser nuestra fortaleza y guía. A nuestros padres, hermanos y a nuestras esposas e hijos por su apoyo constante para seguir adelante.

También va nuestro agradecimiento a nuestros asesores el Dr. John William Caján Alcántara y a la Mg. Betty Esperanza Flores Mino por su apoyo incondicional en la elaboración de esta tesis.

Luis Alberto y José Luis

Índice de contenidos

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 12

3.1. Tipo y diseño de investigación 12

3.2. Variables y operacionalización 12

3.3. Población, muestra y muestreo 13

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 15

3.5. Procedimientos 15

3.6. Método de análisis de datos 16

3.7. Aspectos éticos 16

IV. RESULTADOS 17

V. DISCUSIÓN 22

VI. CONCLUSIONES 25

VII. RECOMENDACIONES 26

REFERENCIAS 27

ANEXOS 32

Índice de tablas

Tabla 1: *Operacionalización de las variables*..... 13

Tabla 2: *Descripción de los parámetros obtenidos de suelo* 17

Tabla 3: *Descripción de los parámetros obtenidos del agua* 19

Índice de figuras

Figura 1: Criterios para la óptima evaluación de riesgos ambiental 11

Figura 2: Mapa satelital de Namballe, Provincia de San Ignacio..... 14

Figura 3: Descripción de la toma de agua río Namballe..... 15

Figura 4: Resultados del laboratorio según análisis de la primera muestra del suelo 17

Figura 5: Resultado del laboratorio según análisis de la segunda muestra del suelo 18

Figura 6: Resultado del laboratorio según análisis de la tercera muestra del suelo 19

Figura 7: Resultados de laboratorio según análisis del pH del agua..... 20

Figura 8: Resultado del Laboratorio según análisis de Mercurio presente en el agua 21

Resumen

La investigación se planteó el objetivo general de evaluar el riesgo ambiental que representa el mercurio generado por la actividad minera artesanal en el rio Namballe, Provincia San Ignacio. Las teorías en esta investigación, en cuanto riesgo ambiental por mercurio, naturaleza por Andaluz, 2011, citado en Pérez, 2017. La investigación fue cuantitativa; con un diseño no experimental exploratorio. La población fue por la masa total de suelo y agua presente en la zona de la actividad minera. Los instrumentos fueron la revisión documental y el muestreo de sedimento y agua. Como resultado de análisis en el laboratorio, se observó el punto 1 que existe mercurio con valores (35.72 mg/kg), superior a lo permitido (24 mg/kg); en el punto 2 los valores de los metales pesados y del mercurio fueron inferiores a lo señalado por la norma y en el punto 3 la presencia de metales pesados y de mercurio en el suelo disminuyo. Concluimos, que existe contaminación de mercurio tanto del agua y de los sedimentos en el río Namballe debido a la actividad minera artesanal, poniendo en peligro la salud de los pobladores y en un futuro generara un impacto negativo tanto en la flora y fauna del lugar.

Palabras clave: Mercurio, riesgo ambiental, actividad minera.

Abstract

The research set out the general objective of evaluating the environmental risk posed by mercury generated by artisanal mining in the Namballe river, San Ignacio Province. The theories in this research, regarding environmental risk from mercury, nature by Andaluz, 2011, cited in Pérez, 2017. The research was quantitative; with a non-experimental exploratory design. The population was by the total mass of soil and water present in the area of mining activity. The instruments were the documentary review and the sediment and water sampling. As a result of laboratory analysis, point 1 was observed that there is mercury with values (35.72 mg / kg), higher than allowed (24 mg / kg); in point 2 the values of heavy metals and mercury were lower than what is indicated by the standard and in point 3 the presence of heavy metals and mercury in the soil decreased. We conclude that there is mercury contamination of both the water and the sediments in the Namballe River due to artisanal mining activity, endangering the health of the inhabitants and in the future will generate a negative impact on both the flora and fauna of the place.

Keywords: Mercury, environmental risk, mining activity

I. INTRODUCCIÓN

El aumento precipitado de la actividad minera en los diferentes países del mundo, viene creando grandes cuantías de mercurio derivados del beneficio del oro, y que por sus peculiaridades se han convertido en un conflicto en la gestión ambiental que, paulatinamente vienen afrontando las regiones con actividad minera tanto artesanal como empresarial.

En tal sentido con las nuevas exigencias ambientales y el fortalecimiento de la conciencia ambiental se hace necesario el uso adecuado del mercurio proveniente de la actividad minera la cual debido a la falta de una buena planificación viene dejando considerables pasivos ambientales sobre las zonas en las que se desarrolla. La extracción del oro artesanalmente es una actividad la cual usualmente es realizada por la minería informal utilizando para ello equipos y elementos químicos con indicios contaminantes para el medio ambiente (Briones, 2017).

En el año 2007 se pronunció la ONU en su programa de Medio Ambiente, en el cual alerto para exigir una inspección del mercurio en la disminución de exposiciones a la atmósfera, para ello propone planes de manejo de los desechos, recomendando la liberación de lugares con niveles altos de contaminación, una orientación ambientalista a los pobladores de los efectos que acarrea la contaminación a la salud de los habitantes y del medio ambiente por la mala utilización del mercurio.

En el Perú, la actividad minera artesanal se desarrolla en todos los niveles y en diversos lugares del país, formando un factor preocupante de la diligencia del agua en las cuencas, por causa del alto peligro de contaminación por los vertimientos como resultado del proceso de los minerales incrementan la contaminación y que crean un perjuicio invariable al ambiente y que el estado nacional no promueva la equidad entre los derechos y deberes de los mineros artesanales y empresas a fin que se gobiernen y respalden los Estándares de Calidad Ambiental. El estado se halla en una constante disputa contra la minería informal e irresponsable con el ambiente que se desempeña en todas las regiones del país donde las primordiales son Cusco, Puno, Cajamarca y Madre de Dios. (Vento, 2017).

La Dirección de Salud DIRESA en el año 2017 refiere que afirma que beber agua contaminada con mercurio y otros metales pesados originan trastornos en la salud de la población, tal es el caso casos presentados en la Región Cajamarca por derrames de mercurio con consecuencias funestas para la población.

Las consecuencias de los peligros de contaminación ambiental que origina la minería artesanal están en relación claramente con la mala gestión del uso de metales líquidos como el mercurio, cuando es puesto en los depósitos o suelo o agua, este pasa a ser contaminante letal el cual puede transformarse en metil-mercurio, esta sustancia puede absorberse eficazmente por los organismos, que modifican al sistema nervioso y que genera un fuerte perjuicio ambiental.

Teniendo conocimiento del suceso negativo que traería como consecuencia la minería artesanal consideramos investigar el riesgo ambiental que trae consigo el mercurio utilizado en la actividad minera artesanal en el río Namballe ubicado en el distrito Namballe de la provincia San Ignacio, con los resultados se pueda comunicar a las autoridades adecuadas y se tome las cartas en el asunto y evitando así problemas a futuro.

Luego de describir la realidad problemática, se presenta la formulación del problema: ¿Cuál es el riesgo ambiental que representa el mercurio generado por la actividad minera artesanal en el rio Namballe, provincia de San Ignacio?

De igual manera se presenta la Justificación del estudio en la medida que permite figurar que la contaminación ambiental va incrementando y afecta al ser humano de forma directa e indirecta; nos planteamos elaborar la presente investigación la misma que:

Científicamente, se demuestra porque consentirá calcular el peligro ambiental que manifiesta el mercurio creado por la actividad minera artesanal en el rio Namballe; los efectos derivados, funcionarán de aporte teórico al gobierno local y ANA, y les permita acomodar tácticas de prevención y atenuación contra la minería artesanal.

Técnica - práctica, esta indagación se justifica ya que es original, va a colaborar con conocimiento sobre los peligros ambientales que cuenta el mercurio creado por la actividad minera artesanal en el rio Namballe y así los residentes que habitan en el área de influencia sean precavidos y no generen la contaminación de ellos y hacia ellos y promuevan la conciencia ambiental.

Institucional y personal, el estudio plasmado se evidencia porque es de rendimiento nacional, puesto que se calculará el peligro ambiental que simboliza el mercurio creado por la actividad minera artesanal en el rio Namballe, y las autoridades correspondientes realicen mecanismos de mitigación y precaución que ayude a la calidad de vida del ciudadano; y como profesional, este estudio incrementará nuestros conocimientos y habilidades a fin de aplicarlos en curso de nuestra vida profesional.

Sobre las hipótesis en la presente investigación se tiene a:

Ha: El riesgo ambiental que representa el mercurio generado por la actividad minera artesanal en el río Namballe es alto.

Ho: El riesgo ambiental que representa el mercurio generado por la actividad minera artesanal en el río Namballe no es alto.

El objetivo general de la investigación es**:** Evaluar el riesgo ambiental que representa el mercurio generado por la actividad minera artesanal en el rio Namballe, Provincia San Ignacio.

Mientras que los objetivos específicos son:

- Describir la actividad minería artesanal informal en el área de estudio.
- Determinar la concentración de mercurio y otros metales pesados sobre el agua del río Namballe, generado por la actividad minera artesanal.
- Evaluar la concentración de mercurio y de los metales pesados en el agua del río Namballe, generado por la actividad minera artesanal.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional, se tiene a Palma et al. (2019) en la investigación sobre la exposición de la población a la contaminación por mercurio en Colombia; llegan a la conclusión: “La población materia de estudio tienen su residencia cercana a la extracción del mineral acuífero, llegando a respirar vapores de mercurio generados al quemar la amalgama, logrando ser un factor peligroso por su exposición al mercurio que por el exceso de este metal se contamina todo el ecosistema existente en la zona y por ende perjudicial para la salud de las personas.

Armendariz, (2016). En su tesis doctoral sobre las áreas naturales protegidas y minería en México, tuvo como sexto objetivo, formular tácticas para el incremento de la protección ante el desarrollo minero en los programas de manejo y en el manejo genérico de la Áreas naturales protegidas, en síntesis: hay una alta necesidad de efectuar muestras de subsistencia integral de los recursos naturales donde se figure imparcialmente a los recursos hídricos, los suelos, tal y como la biodiversidad y el patrimonio cultural de la naturaleza, donde se involucra la sociedad en las decisiones sobre su uso y beneficio.

Escabor, D. (2015) en su investigación: “Fotocatálisis con dióxido de titanio para reducir la concentración de mercurio en minería”, tiene como finalidad reducir el mercurio con la radiación ultravioleta del agua contaminada utilizando 3 dosis de dióxido de titanio, la cual la dosis con 0.6020 g/0.5L logro reducir la concentración inicial de 0.097 mg/L a una concentración de 0.011mg/L con un rendimiento de 89% en un tiempo de 8 horas.

A nivel nacional, se revisó las investigaciones de:

Pérez, (2017). Estimación de riesgo ambiental en el área de influjo minero del río crucero por plomo y mercurio - distrito de Ananea, (tesis de doctorado), en Universidad Nacional del Altiplano, Perú, su objetivo general fue; estudiar los riesgos ambientales y apreciables en el área de influjo del rio Crucero por exposición al plomo y mercurio en el Distrito de Ananea aplicando el análisis de la matriz causa-efecto; se sintetiza que: La contaminación del rio Crucero, es una

realidad situada, sobrellevada y sufrida por la población que vive en toda la zona del influjo del rio Crucero, donde se figuran los sedimentos y vientos sedimentos que fluyen por las aguas del rio Crucero y sus aires, arruinando la flora y fauna acuática, perturbando la salud humana y animal, y creando problemas sociales por las labores mineras.

Mallaqui J. (2018). En su tesis concluye: En el agua proveniente de la minería artesanal luego de ser tratadas por micro-nanoburbujas de aire con peróxido de hidrógeno, en diferentes tiempos de 15minutos, 30 minutos y 45 minutos, dieron resultados favorables para todas las repeticiones se trabajó con una temperatura ambiente de 20.5 °C., se trabaja en diferentes tiempos para saber cómo van actuando las micro-nanoburbujas a medida que va pasando el tiempo en el generador. Y ver el resultado final de la eficiencia en la remoción del contaminante principal como el cianuro y mercurio, además ver cómo actúa en los parámetros físicos y químicos en los tres tiempos.

Olivera, C. (2019) en su tesis, concluye: Al analizar las muestras de agua del rio San Pedro, se encontró un pH de 6.59 y esta fue extendiendo de forma mínima de acuerdo al aumento de semillas de moringa oleífera que se iba agregando a cada muestra de agua, el pH para la última muestra fue de 6.83, la concentración inicial de plomo en el agua fue de 0.00470 mg/L rango que se encuentra para algunos casos dentro de los estándares de calidad ambiental de acuerdo a la norma vigente en Perú y para algunos otros se encontraba por encima de los estándares de calidad ambiental ECA.

Al evaluar los 5 tratamientos planteados para la adsorción de metales con diferentes pesos de semillas de moringa y a revoluciones constantes, se pudo observar que el tratamiento denominado “M5” desarrolla una mayor adsorción teniendo como línea 36 g de moringa, 850 mililitros de agua y 60 minutos de tiempo de agitación, alcanzando una eficiencia de remoción de 74.47 %, en este tratamiento se ha alcanzado un equilibrio de adsorción la cual ha hecho de este tratamiento el más efectivo, otro de los tratamientos eficientes fue el denominado “M3” la cual tuvo como línea 18 g de moringa, 850 mililitros de agua y 60 minutos de agitación, alcanzando una remoción de 53.2 %, las muestras “M2” y “M4”

mantienen una similitud de adsorción menos a 50 % mientras que el tratamiento “M6” es la más baja, de este modo podemos afirmar que las semillas de moringa si cumplen un rol fundamental en el proceso de adsorción.

Para el sustento científico teórico se tiene la siguiente teoría base:

Actividad minera

Es una de la actividad más antigua realizadas por el hombre, la utilización de las riquezas de la naturaleza, esto implica en la extracción de enormes montos de roca en el cual se obtienen los metales deseados por las empresas, para tener la responsabilidad de la inversión en la minería (Santillana, 2006).

Tipos de minería en Perú

Minería formal: Es el procedimiento que realizan las personas naturales y/o jurídicas dedicadas a la extracción de minerales mediante el cumplimiento de normas, requisitos ante las instancias correspondientes a fin de obtener una licencia y pueda con ello dar luz verde para el uso de químicos en la extracción de los minerales con fines productivos y generación de empleo con el desarrollo de la actividad minera (D.S. 006-2012-EM, 2012).

Minería informal: Es la actividad que funciona sin la autorización de los organismos correspondientes, evitando el pago de impuestos, explotación de las personas con el peligro de contagiarse de enfermedades provocados por los minerales que explotan, etc. La minería informal generalmente se efectúa en lugares no permitidos, como los litorales de los ríos, las cuencas hidrográficas y algunas áreas protegidas de las comunidades. En la minería informal generalmente se utilizan máquinas y equipos pesados que deterioran los ecosistemas para dar paso a la pequeña minería o minería artesanal. (MINEM, 2002; citado por Pérez 2017).

Minería Legal. Es el reconocimiento, rendimiento y/o ganancia que tiene autorización dada por la autoridad competente para el comienzo y/o retomar la intervención minera, teniendo como anticipación una referencia técnica venturosa. (Pérez, 2017, p. 24). De acuerdo con el Art. 2º D.L. N.º 1105; ejercicio minero desarrollado por persona natural o jurídica, grupo de personas planificadas para

desarrollar las diferentes actividades haciendo uso de equipos y maquinarias con la cual no casi siempre cumple con imposición de reglas de índole administrativo, técnico, social y medioambiental las cuales dirige movimientos realizados en su área o prohibidos en su ejercicio (Corcuera, 2015, p.9)

Minería Ilegal*.* Mineras en donde se desarrollan actividades sin contar con el consentimiento de la autoridad competente, desarrollándose en áreas ilegales para aprovechamiento y están sometidas a interdicción (Pérez, 2017 p. 24).

Impacto ambiental.

Se define el Impacto Ambiental (IA) como la alteración, la transformación en el ambiente, estas variaciones en el ambiente tiene sus efectos ya que las actividades que realizamos los humanos en las áreas cercanas a las mineras pueden generar impactos positivos y negativos para el ambiente, los efectos serán más nocivos si la actividad minera se realiza con tecnologías antiguas y sin infraestructura adecuada, por ello es importante que toda actividad minera cuente con estudios de impacto ambiental y cumpla con las normas y estándares que establece la ley (Perez, 2017, p.15)

Riesgo ambiental

La características del riesgo se estiman cualitativas o cuantitativa, que involucra las dudas de la probabilidad de lo que el impacto genere ya sea severo o potencial y su gravedad ante la salud de genere solo a un parte de la población, sus características de la evaluación del explosivo se debe de presentar en un campo amplio donde no se puedan producir muchos riesgos y poder realizar una clasificación de riesgos ya sean riesgos naturales debido a los fenómenos o riesgos antropogénicos por acción humana (Carranza, 2001).

Impacto ambiental de la actividad de la minería informal.

En las operaciones de las actividades económicas, los impactos más influentes que se generan son la pérdida y alteración paisajística, acumulación de desmontes, generación de PM 10 y PM 2,5 vertimiento de relaves mineros que contaminaran ríos y suelos e inestabilidad de trabajo. En cuento a la intervención para la

extracción del oro, se registrará impactos debido al uso inadecuado del mercurio, ya sea en el acondicionamiento de la amalgama o en la quema del mismo, para poder recuperar parte del oro y proceder a su comercialización (Corcuera, 2015, p.16)

Socio económico; en cuanto a las operaciones de minería artesanal suelen implicar a casi a toda la familia, en las distintas fases de la explotación minera. Esta actividad minera generalmente la realizan los varones, no exceptuándose las mujeres y niños (Corcuera, 2015, p.16)

El trabajo infantil; se centra en la minería informal, para ello se debe de tener en cuenta muchas situaciones, el carácter de los pobladores y el hecho de que a los niños no se le designa un trabajo apropiado a su edad y en el cuidado de su salud, mucho de ellos son el sostén de sus familias y que con ese trabajo ya que con esas ganancias ayudan a sus familias (Corcuera, 2015, p.16)

Se sabe que los adolescentes son usados en distintos periodos del proceso de la minería, en el acarreo, y en el proceso de quimbaletes de mineral se utiliza el mercurio para el amalgamiento y para buscar restos de mineral (Corcuera, 2015, p.16).

Existe escasa información de los mineros en el tema de tecnologías y parámetros para evitar y disminuir los grandes impactos ambientales, además tienen pocos recursos económicos para hacer inversiones en mejorar los procesos operativos que se realizan en la minera, promover el aprendizaje, capacitar la falta de conciencia ambiental y brindar más seguridad en salud (Corcuera, 2015, p.17)

La forma donde se desarrollan las actividades en los cuales habitan dichos grupos se indica la fragilidad ambiental, al generar centros poblados quienes tiene un alto crecimiento en servicios básicos los cuales nunca fueron planificados, pero generaran una buena calidad de vida (Corcuera, 2015, p.17)

Mercurio

El mercurio es un contaminante muy dañino ya que si este llega al suelo se producirá perdida de microorganismos de este y la muerte del suelo, el mercurio metálico en un insumo volátil que puede perderse fácilmente en el suelo. La retención del Hg, puede durar muchos años para que este se elimine de completo y deje de ser un contaminante en el ambiente (Bryan y Langston, 1992), el mercurio que se libera en el medio ambiente como metal se convierte en metil-mercurio por una metilación biológica. El metil-mercurio se hidrata en soluciones acuosas y tienen reacción que dependen del pH y que dan iones oxonio sustituido por el mercurio; la exposición crónica, generalmente se produce por el consumo de organismos por medio de la cadena trófica, resaltando que el mercurio en los peces es acumulado en los músculos de ellos (Mancera-Rodríguez, 2006) citado en (Perez, 2017, p. 27)

El mercurio reprime mecanismos enzimáticos celulares por la mezcla de los grupos sulfhídrilo (Patra, *et al,* 2000). En la exposición prenatal a metil-mercurio, se ve lesión cortical extensa con reducción de la mielinización, que viene acompañada por alteraciones que estarán permanentes en el aprendizaje. El mercurio atraviesa por una barrera hematoencefálica en la cual las heces fecales y la orina tienen una vida media, pero si permanecen en los riñones y en el cerebro por muchos años (Harrison, 2005) citado en (Perez, 2017, p. 27)

La fuente de contaminación por mercurio son emisiones de gases que van directamente al aire, así como hay emisiones q afectan al aire también hay emisiones que afectan al agua y tierra. Cuando los gases son liberados estos permanecerán en el ambiente circulando por mucho tiempo y de muchas formas que afectarán al agua y tierra (PNUMA, 2005).

Existen muchas formas en las que el mercurio se libera, esto depende según su fuente y sus factores, muchas de las emisiones que van directamente a aire son por el mercurio elemental, el cual será trasladado por todo el mundo gracias a los fuertes vientos. Otro tipo de emisiones es el mercurio gaseoso o mercurio inorgánico (PNUMA, 2005).

Acosta (2015) manifiesta que la mala disposición de los residuos del mercurio liado a otras sustancias químicas usadas en la minería acuática minimiza el oxígeno deshecho y aumentan los niveles de demanda bioquímica y demanda química del oxígeno en aguas superficiales, lo cual influye el origen de la vida orgánica y su beneficio en otras actividades antrópicas.

Riesgo ambiental por mercurio.

El mercurio es uno de los metales más usados en la vida cotidiana, este metal puede ser encontrado en los diferentes aparatos que usamos a diario, como son, los termómetros, los fluorescentes, entre otras. La Organización Mundial de la Salud, indica que la presencia de mercurio en la atmosfera es hasta 6 veces más que antes de que existiera la industria. Este metal puede ser transportado fácilmente por agua, suelo o aire, de forma natural puede estar presente en explosiones volcánicas, quemas agrestes, actividad biológica, entre otros, así mismo este metal es muy usado en la minería, producción de cementos, quema de inflamables, incineración de productos sanitarios, etc.

Entre sus principales características encontramos que este metal no es un conductor de calor, puede ser encontrado en temperaturas regulares de forma líquida ya que es uno de los estados más característicos que posee, se encuentra entre los metales pesaros por su número atómico 80 y es un buen conductor de electricidad. (Poulin y Gibb, 2008)

Dado al carácter relativo y de constancia del mercurio, la población puede estar exhibida e incluida a su organismo como consecuencia de su gran difusión en el ambiente; sobre todo infantes, en donde se ratifiquen estas bases de contaminación pueden estar arriesgados a estos metales a través de la ingesta o inhalación de polvo o de suelos contaminados, también de manera clara mediante absorción o el contacto dérmico o al consumir productos cultivados en suelos contaminados (Pérez, 2017. Pág. 14)

El mercurio que se libera en el medio ambiente como metal se convierte en metil-mercurio por una metilación biológica. El metil-mercurio se hidrata en soluciones acuosas y tienen reacción que dependen del pH y que dan iones oxonio sustituido por el mercurio (Mancera, 2006, citado por Pérez, 2017)

Criterios para la evaluación de riesgos ambientales.

Existen algunos criterios para optimizar la evaluación de riesgos que se pueden presentar en el medio ambiente a consecuencia de la extracción de minerales de una manera informal destacando la identificación de peligros, la determinación de los escenarios y el análisis respectivo, así como la estimación de la gravedad, los riesgos y las características que presentan los riesgos debido a la minería informal (MINAM 2010, p. 13).

Figura 1: Criterios para la óptima evaluación de riesgos ambiental

Fuente: Universidad Nacional agraria de la Selva

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

De acuerdo con las expectativas fijadas por los objetivos específicos esta investigación es de tipo aplicada porque confronta la teoría con la realidad. (Tamayo, 2004). Además, está orientada analizar la variable independiente como la actividad minera artesanal, la misma que será demostrada cuantitativamente en los resultados obtenidos para ambas variables.

El nivel de la investigación es explicativo, Arias (2012) afirma que este nivel de estudio investiga las causas de los hechos, es decir busca averiguar la relación existente entre causa – efecto.

El diseño de la investigación es experimental, ya que se realiza manipulación de la variable independiente, de igual forma se realiza análisis de las aguas con contenido de elementos pesados. Arias (2012)

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Actividad minera artesanal.

Definición conceptual: Se realiza de manera exhaustiva en cuanto a mano de obra y emplear insignificante proporción de equipos, desenvolviendo filones o vetas de densidad reducida, casi siempre estas tienen 1 y 10 cm., y leyes que diferencia de 1 a 80 0z/TM de oro

Definición operacional: Se medirá la cantidad de mercurio (Hg) presente en el agua, sedimentos y plantas que fue vertido durante el desarrollo de la actividad minera artesanal.

Variable Dependiente: Riesgo ambiental por presencia de mercurio.

Definición conceptual: El riesgo ambiental es exposición expuesta de los recursos naturales cuando el hombre actúa mal ante el ambiente, por medio de sus actividades ya sean directas o indirectamente afectaran al ambiente físico, biológico y químico, en porcentajes que superan los límites máximos

permisibles los cuales resultan perjudiciales para la naturaleza y el medio ambiente (Andaluz, 2011) citado en (Pérez, 2017, p.14)

Tabla 1: *Operacionalización de las variables*

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
V.I: Actividad minera artesanal	Parámetros físico químicos	Conductividad eléctrica Temperatura pH O_2 disuelto.	Razón
	Metal pesado	Mercurio	
V.D: Riesgo ambiental por presencia de mercurio	Probable	Evento Escenario Causas Consecuencias	Ordinal
	Riesgo	Ambiental socioeconómico Humano	

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

El presente estudio posee de población a las aguas del río Namballe que recepciona los residuos de la actividad minera artesanal.

Muestra

La muestra de agua se realizó en tres puntos distintos del río, donde se realiza la minería artesanal, de acuerdo al Protocolo de Monitoreo de calidad de agua del Ministerio del Ambiente.

Muestreo

Se realizado es no probabilístico por conveniencia.

Localización

El estudio está ubicado en el río Namballe, que se encuentra a 1120 m.s.s.m. dista de 47 Km de la provincia de San Ignacio, Departamento de Cajamarca. El clima en la zona de estudio es cálido característico de esta parte del territorio, las temperaturas fluctúan entre 24ºC.

Figura 2: Mapa satelital de Namballe, Provincia de San Ignacio

Fuente: Google Maps

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se empleó en la presente investigación fue la técnica de campo, ya que esta técnica permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio. También se utilizó la técnica de la Experimentación, ya que una vez que las muestras fueron recolectadas se enviaron para su respectivo análisis en el Laboratorio.

Los instrumentos utilizados fueron:

- Ficha de recolección de datos y
- Revisión documental

3.5. Procedimientos

Se identificaron los puntos para la toma de las muestras, definiéndose tres puntos: uno en la zona donde realizan la extracción del mineral, el segundo punto a 100 m. y el tercer punto a 500 m. Los ensayos fueron enviados a un laboratorio certificado.

Para la toma de las muestras se utilizó un muestreo aleatorio simple superficial. A continuación, se detalla el procedimiento para la obtención de la muestra del agua contaminada con mercurio y las consideraciones que se tomaron para la conservación de la misma y de esa forma obtener resultados fidedignos.

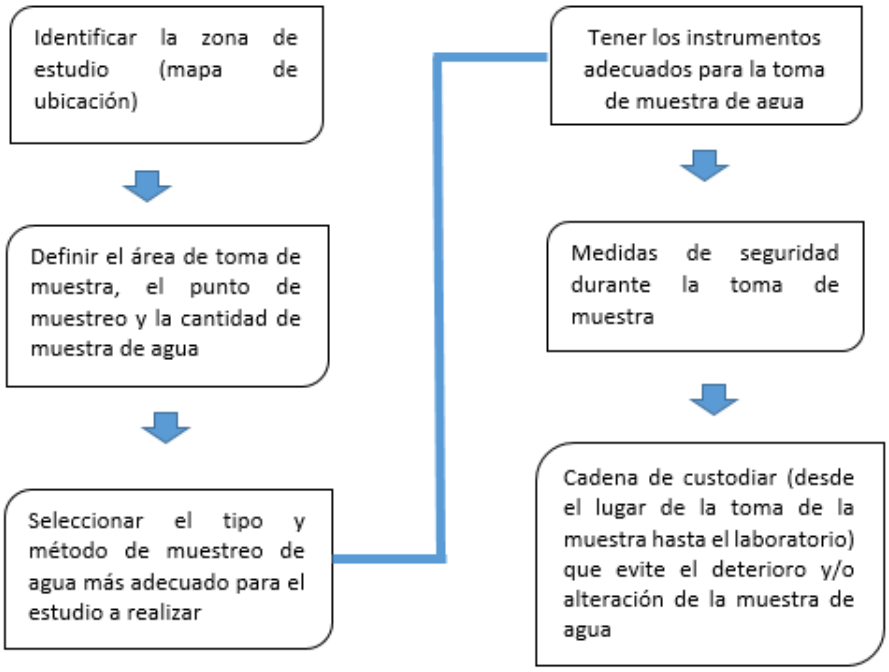

Figura 3: Descripción de la toma de agua río Namballe

3.6. Método de análisis de datos

Se utilizó la estadística descriptiva para determinar su calidad y el grado de confianza, también se utilizó el Microsoft Excel.

3.7. Aspectos éticos

Los autores respetan la originalidad de las fuentes obtenidas mediante las citas de los párrafos con sus autores, así como también los derechos de autor y el contexto donde se ha realizado las investigaciones que tienen que ver con las variables de estudio.

IV. RESULTADOS

Resultados de monitoreo de la calidad del suelo.

Tabla 2: *Descripción de los parámetros obtenidos de suelo*

Parámetros	Unidad	Suelo extractivo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Arsénico total	Mg/Kg	140	300.25	206.15	25.00
Bario total	Mg/Kg	2000	4.28	3.10	9.35
Cadmio total	Mg/Kg	22	0.30	0.13	0.15
Cromo VI	Mg/Kg	1.4	4.15	2.30	1.50
Mercurio total	Mg/Kg	24	35.72	15.12	5.30
Plomo total	Mg/Kg	800	177.05	84.29	17.78

Fuente: Elaboración propia

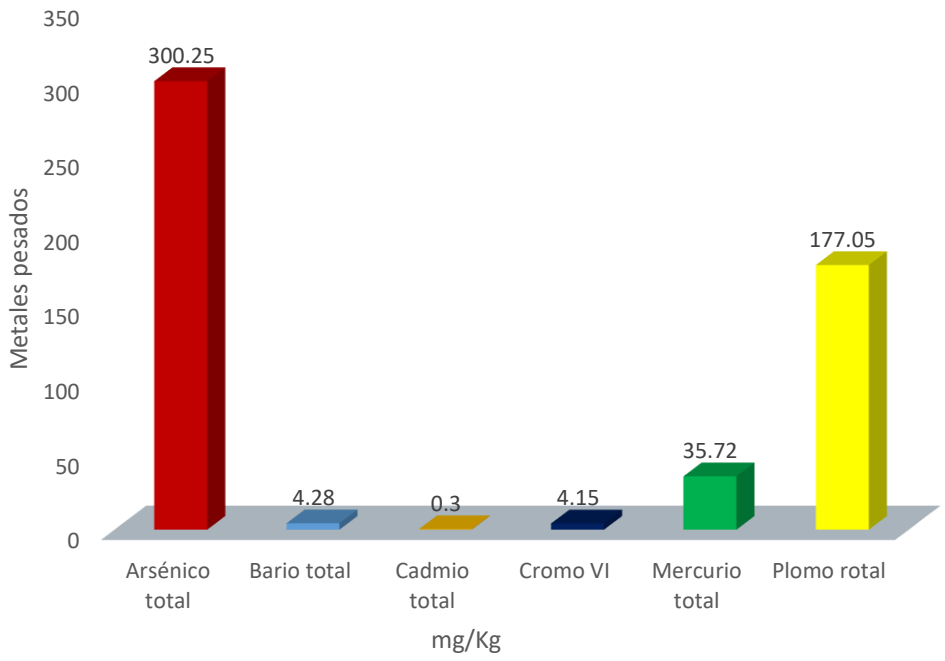

Figura 4: Resultados del laboratorio según análisis de la primera muestra del suelo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 y figura 4, se muestra los resultados de los valores obtenidos en el laboratorio, donde se observa que en el punto 1, existe una mayor presencia de arsénico con un valor alto (800 mg/kg) muy por encima del establecido por la norma (140 mg/Kg); el mercurio también presenta valores (35.72 mg/kg) por encima de lo permitido (24 mg/kg), mientras los demás metales pesados se encuentran en los rangos establecidos.

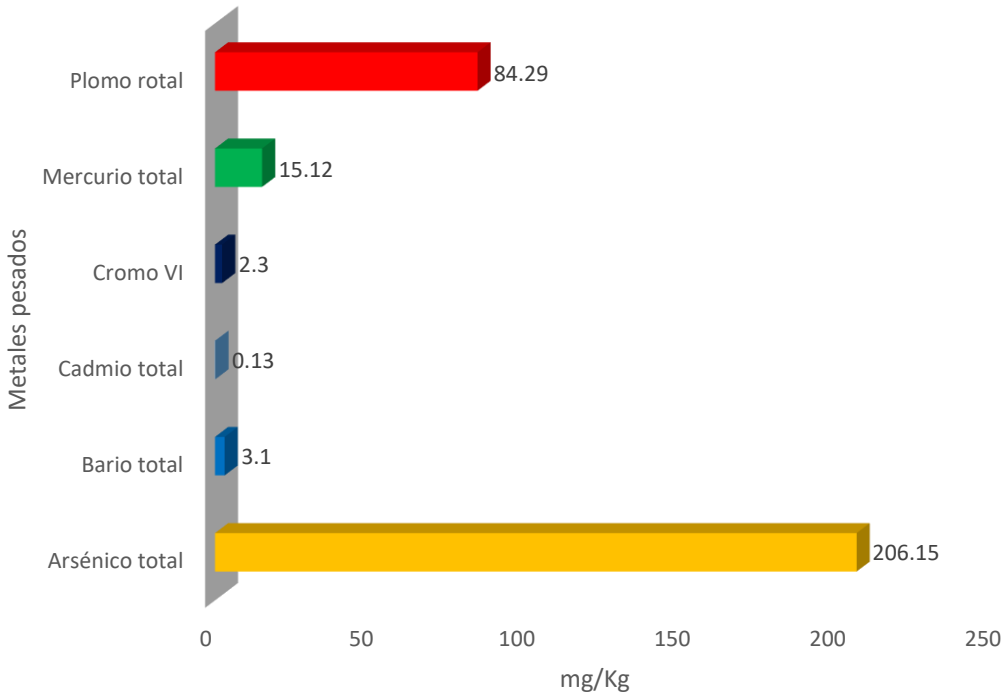

Figura 5: Resultado del laboratorio según análisis de la segunda muestra del suelo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5, se muestra los resultados de los valores obtenidos en el laboratorio, donde se observa que en el punto 2, los valores de los metales pesados y del mercurio están por debajo de lo señalado por la norma; sin embargo, son valores que pueden incrementarse si se continúa con la actividad minera artesanal.

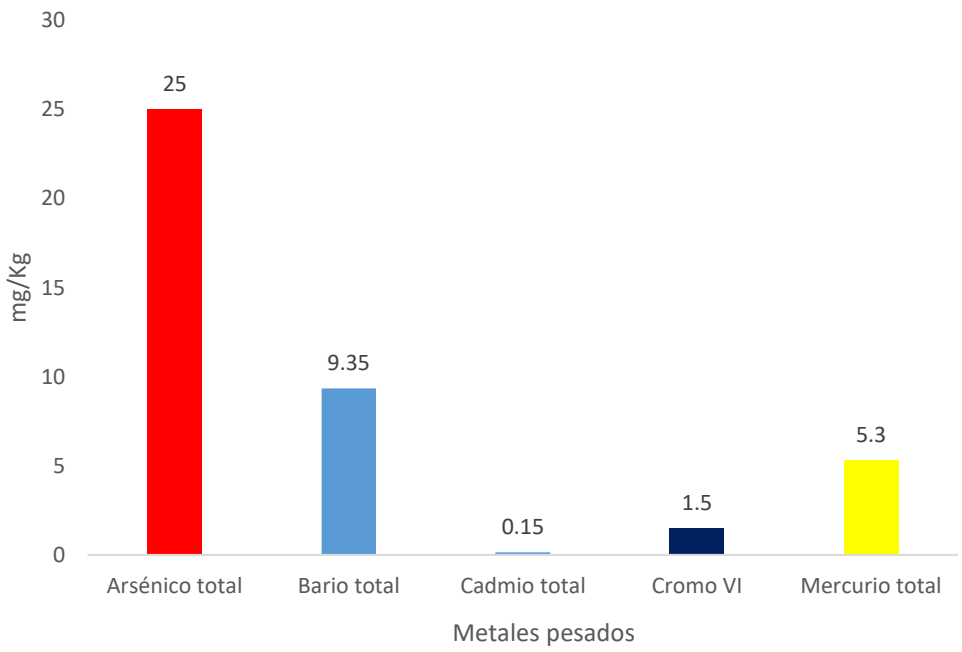

Figura 6: Resultado del laboratorio según análisis de la tercera muestra del suelo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 6, se muestra los resultados de los valores obtenidos en el laboratorio, donde se observa que en el punto 3, la presencia de metales pesados y de mercurio en el suelo, ha disminuido.

Resultados del monitoreo de la calidad de agua

En la tabla se muestra los resultados de la evaluación del agua en los puntos establecidos.

Tabla 3: *Descripción de los parámetros obtenidos del agua*

Parámetros	Unidad	DS 004-2017-MINAM/EC	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
pH	pH	6,5 – 8,5	7.5	7.2	8.1
DBO	mg/L	3.0	2.4	--	--
Hg (tot)	mg/L	0,001	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Coliformes totales	NMP/100ml	50	--	13x10	2.0
Coliformes fecales	NMP/100ml	0	--	79	2.0

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que el pH del agua varía entre 7,5 a 8,1 valor permitido. Los parámetros de DBO reportan valores por debajo del ECA del Agua, Categoría 1, de igual manera los parámetros bacteriológicos de Coliformes Totales reportan por debajo del ECA. Los parámetros bacteriológicos de Coliformes Fecales reportan valores por encima del Estándar de Calidad del Agua, Categoría 1, que se relaciona con las excretas de seres vivos y humanos presentes en el agua que beben.

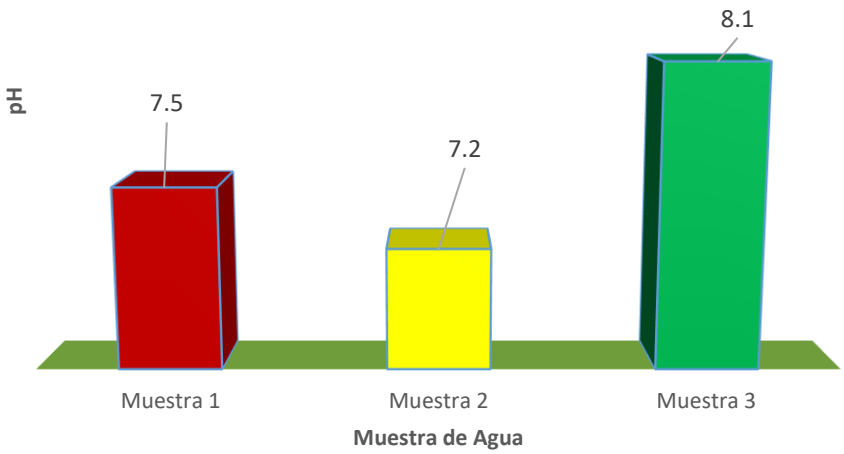

Figura 7: Resultados de laboratorio según análisis del pH del agua

En la figura 7 se presenta los resultados comparativos de análisis de agua obtenido en laboratorio, donde se observa el parámetro potencial de Hidrogeno que se encuentran dentro del rango de 6.5 a 8.5, sin embargo, el valor más alto se registró en el punto 3, lugar donde se capta el agua para el consumo humano.

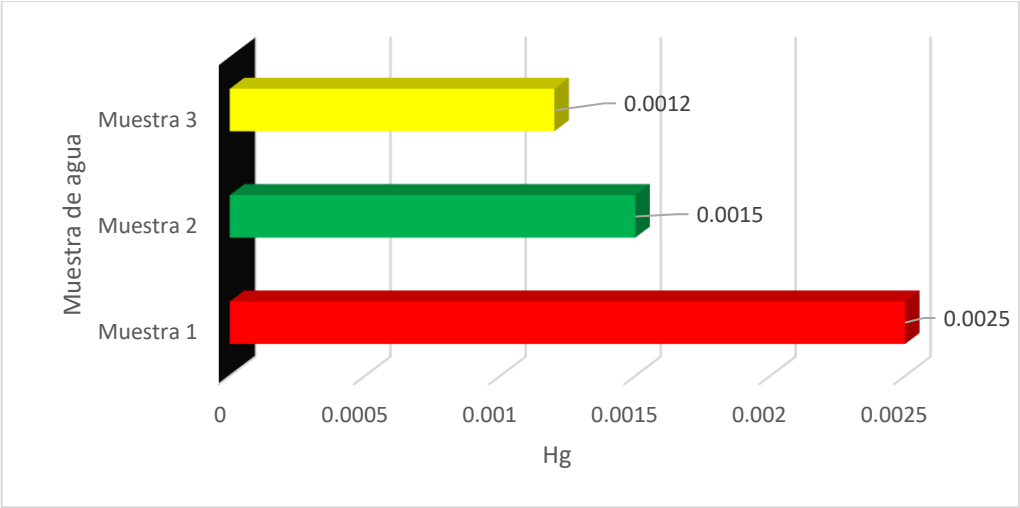

Figura 8: Resultado del Laboratorio según análisis de Mercurio presente en el agua

Fuente: Elaboración propia

El Mercurio **(**Hg) está presente en el agua, en mínimas cantidades que no superan los parámetros de Calidad del Agua

V. DISCUSIÓN

La extracción de oro en el río Namballe de la provincia de San Ignacio, mediante la minería artesanal genera desechos tóxicos, entre ellos metales pesados como As, Ba, Cd, Cr, Hg y Pb, entre otros.

Los resultados muestran que el agua obtuvo Hg (0.0025mg/L) en la zona del desarrollo de la actividad minera artesanal, Hg (0.0002mg/L en el punto 2 y (0.0012 mg/L) en el punto final, esto indica que en la zona donde se desarrolla la actividad presenta valores por encima de lo establecido por la Norma de calidad ambiental que indica Hg 0.001mg/L, por lo que la actividad minera artesanal viene contaminando con mercurio las aguas del río.

Los valores de mercurio en el sedimento principalmente en la zona donde se desarrolla minería artesanal fueron altos de Hg (mercurio) (35,72 mg/Kg > 24 mg/Kg); esto señala que el río se está contaminando producto de la actividad minera, en los otros puntos los valores son menores debido a la dispersión y a la corriente del agua que hace que se dispersen las partículas de mercurio. Estos resultados son menores a los encontrados por Marrugo (2018) en Colombia, que encontró concentraciones de Hg en sedimentos con valores de mayor concentración S1 (2009: 0.325 µg/g; 2017:0.224 µg/g).

Sobre minería artesanal, Hernández (2015), argumenta valorar cómo ha incidido la deserción agrícola en el incremento del desempleo y subempleo en el departamento de Olancho, y determinar la forma en que la minería artesanal podría convertirse en una válvula de escape para el desempleo, en conclusión los campesinos desocupados y otros realizaron migración hacia la minería artesanal, los pequeños mineros eran productores de granos a escala media, e hicieron la transición de actividad productiva por la poca rentabilidad que representa actualmente la producción de granos, un minero artesanal en promedio genera L. 5,000 mensuales como producto de su actividad, pese a que viven en la zona rural este ingreso económico no es lo necesario para poder dar sustento digno su familia, considerando que en promedio viven más de cinco personas por vivienda, viviendas que generalmente están construidas de adobe con pisos de tierra.

Como señala Farah, (2014), las consecuencias de la minería ilegal en el ambiente y salud de la población genera consecuencias no solo en el ambiente por emisión de partículas alrededor de la zona sino también a los empleados de las grandes empresas por no contar con implementación adecuada y la explotación hacia ellos, es así como la ambición del oro genera descontrol en las empresas.

Por su parte Castro, (2011), recomienda especificar y distinguir consecuencias socioambientales a consecuencia de la minería artesanal y escasa escala generados por pobladores puesto que los mineros de la zona tienen en cuenta las consecuencias socioambientales perjudiciales que crecen con el tiempo y participación de maquinaria avanzada, generando consecuencias tanto en paisaje, agua, suelo, emisión de partículas al aire causando enfermedades respiratorias y extinción de fauna terrestre y acuática que no son tan nombradas estas dos últimas.

Del mismo modo Loaiza, (2016), sugiere establecer impactos ambientales presentes en los ríos Quiroz y Chira a causa de los sedimentos por metales pesados en la minería artesanal, por otro lado, no se encuentra certeza para confirmar que el impacto ambiental es a causa de los metales pesados con el ejercicio de la minería artesanal en los ríos Quiroz y Chira.

De acuerdo con Vento, (2017), recomienda delimitar efectos causados por la minería ilegal del Oro en el crecimiento sostenible de la Región Madre de Dios; ocasionando grandes daños al ambiente, economía y sociedad; es así como su actuar en los diferentes ámbitos al año genera deforestación de 6,357 ha de bosque siendo su tasa de deforestación 0.14%, destruyendo habitad de animales, degradación de suelo en la cual el punto más importante es la cuenta del río Madre de Dios contaminando sus aguas superficiales con Pb, solidos disueltos y gran presencia de Cu y Hg los cuales están por encima de los ECA permitidos.

Como expresa Moschella, (2011), considera analizar aquellas desigualdades en medio de la apreciación y reconocimiento objetivo de los más resaltantes daños en cuanto a minería aurífera, valorando así cuanto influye el sometimiento de la minería y la manera de distinguir el impacto directo comprendiendo así la relación directa de población y medio; su sensación local de los efectos ambientales en la etapa de retribución tiene como convencimiento que toda la población sabe de los efectos que produce en el ambiente y la salud el Hg, tomando como referencia encuestas realizadas a los pobladores los cuales dieron como resultado que tienen conocimiento de los problemas que genera en el ambiente.

VI. CONCLUSIONES

Realizado el análisis del agua y de los sedimentos (suelo) del rio Namballe, distrito de San Ignacio, se concluye lo siguiente:

1. El pH del agua está dentro de los parámetros establecidos por la Norma Técnica para el agua cuyo está entre 6.5 – 8.5 para riego de vegetales y consumo de animales; para el presente estudio se ha obtenido valores de pH 7.5, 7.2 y 8.1 respectivamente, estos valores en comparación con los estándares mencionados se encuentran dentro del rango normal, lo cual indicaría que el agua no está contaminada.

2. Los análisis químicos de la caracterización del agua con respecto a Mercurio Hg (0.0025mg/L) en la zona del desarrollo de la actividad minera artesanal, Hg (0.0002mg/L en el punto 2 y (0.0012 mg/L) en el punto final, esto indica que en la zona donde se desarrolla la actividad presenta valores por encima de lo establecido por la Norma de calidad ambiental que indica Hg 0.001mg/L, por lo que la actividad minera artesanal viene contaminando con mercurio las aguas del río.

3. Respecto a los sedimentos, los valores de arsénico total en el sedimento de la zona donde se desarrolla la minería artesanal son altos en comparación a los establecido en la Norma Técnica (300.25 mg/Kg >140 mg/Kg), asimismo se encontró valores altos de Hg (mercurio) (35,72 mg/Kg > 24 mg/Kg); esto señala que el río se está contaminando producto de la actividad minera, siendo perjudicial para la salud de la población aledaña y que hace uso tanto del agua como de los peces del río.

4. Existe contaminación de mercurio tanto del agua y de los sedimentos en el río Namballe a causa de la actividad minera artesanal que se desarrolla, poniendo en peligro la salud de los pobladores y en un futuro podría generar un impacto negativo tanto en la flora y fauna del lugar lo que pondría en peligro a las futuras generaciones.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios similares en diferentes períodos del año en el río, para ir monitoreando el nivel del mercurio.

2. Realizar estudios del nivel de mercurio en la población que se encuentran ubicadas en las cercanías del río y evaluar el impacto en la salud.

3. Realizar campañas de sensibilización para disminuir la minería artesanal en el río.

4. Establecer programas de monitoreo permanente a las actividades mineras artesanales que se desarrollan en el río

5. Proponer proyectos de desarrollo productivo para mejorar los niveles de ingresos de las familias de la zona y así disminuir la minería artesanal.

REFERENCIAS

Acosta, G. (2015). Impactos ambientales generados por el uso del mercurio en la minería aurífera ilegal. Caso de estudio: Valle del Cauca. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Gustavo_Acosta_Restrepo/publication/282219805_Impactos_ambientales_generados_por_el_uso_del_mercurio_en_la_mineria_aurifera_ilegal_Caso_de_estudio_Valle_del_Cauca/links/560887bf08ae8e08c0946292.pdf

Alvarado, S. (2017) "Plan estratégico para el desarrollo sostenible de la minería del oro en Colombia. Maestría en Administración de Negocios – MBA. Colombia Bogotá. Universidad Santo Tomás. 2017. Disponible en: https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9509/AlvaradoSandra2017.pdf? sequence=

Álvarez, (2013). Perspectivas de la minería artesanal y de pequeña escala responsable: un análisis de proyectos piloto en el chocó. (Tesis de Maestría), Universidad Nacional de Colombia, Medelliin

Apaza, H. (2016) Determinación del contenido de mercurio en agua y sedimentos del rio Suches-Zona bajo Paria Cojata – Puno. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2854/Apaza_Porto_Hernan.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Armendariz, (2016). Áreas Naturales Protegidas y minería en México: perspectivas y recomendaciones, (tesis de doctorado), Centro de investigaciones biológicas del noroeste, México.

Briones, (2017). Alternativas de solución a la minería informal, (Tesis de maestría), Universidad de Piura, Perú.

Cadenillas y Salazar, (2018). Factores que influyen para no formalizar y continuar la investigación preparatoria en los delitos de contaminación ambiental por minería informal e ilegal en Cajamarca, (tesis de pregrado), Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca, Perú.

Carranza, (2001). Medio ambiente problemas y soluciones. Universidad nacional del callao, Perú.

Castro, (2011). Minería de oro artesanal y a pequeña escala en timbiquí-cauca: una aproximación histórica a sus efectos socioambientales desde la perspectiva de los actores locales, (trabajo de Grado); pontificia universidad javeriana, Bogotá, Colombia.

Corcuera, (2015). Impacto de la contaminación de la minería informal en el cerro el toro – Huamachuco, (Tesis de maestria), Universidad Nacional De Trujillo, Perú, Pg 9.

Correa, (2014). Impactos sociales y ambientales de la minería artesanal en el Bajo Cauca antioqueño (Proyecto de investigación), Universidad de San Buenaventura Seccional Cartagena, Cartagena, Colombia.

Escabor, D. Fotocatálisis con dióxido de titanio para reducir la concentración de mercurio en minería [en línea] Colombia: Gestión ambiental, 2015 [fecha de consulta 20 de julio del 2017]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v83n2/a03v83n2.pdf

Farah, (2014). Impacto social de la minería ilegal y su repercusión en la salud, y el medio ambiente en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas. Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Flores, (2016). Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera, (tesis de Maestría), Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Gaioli, M. Y Gonzales, D. Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. Pediatría Práctica. 2012, vol. 110, n° 3. [fecha de consulta: 16 de noviembre de 2018]. Disponible en:

https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2012/v110n3a18.pdf

Giovanella, P. [et al]. Metal resistance mechanisms in Gram-negative bacteria and their potential to remove Hg in the presence of other metals. Ecotoxicology and Environmental Safety. [en línea]. 2017. [fecha de consulta: 15 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28259060

Gaona, Javier. 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. Tesis Doctoral. España: Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Química, 2004. 246 p.

Hernández, G. [et al]. Presencia del Hg total en una relación suelo-plantaatmósfera al Sur de la sierra gorda de Querétaro, México. Revista Especializada en Ciencias 54 Químico-Biológicas. 2012, vol.15, n° 1. [fecha de consulta: 18 de abril de 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v15n1/v15n1a1.pdf

Hernández, (2015). La minería artesanal como alternativa al desempleo y subempleo en el departamento de Olancho, 2002-2012, (Tesis de maestría), Universidad Nacional autónoma de honduras, Tegucigalpa.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación. Recuperado de https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

Loaiza, (2016). Evaluación del riesgo ambiental por metales pesados, generados por la actividad minera artesanal en los ríos Quiroz y Chira – Piura por el método de especiación, (tesis de maestría), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Mallaqui J. (2018). “Reducción de cianuro y mercurio mediante micro-nanoburbujas de aire con peróxido de hidrógeno(H2O2) por minera artesanal en el Centro Poblado La Molina-Carabayllo Escala de Laboratorio 2018”

file:///C:/Users/WILLIAN/Downloads/Mallqui_SJA-SD.pdf

Mahbuk, K. [et al]. Bio-augmentation and nutrient amendment decrease concentration of mercury in contaminated soil. Science of The Total Environment. [en línea]. 2017, vol. 576. [fecha de consulta: 04 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716322495

Martinez, J. & Uribe, Alberto. El mercurio y la contaminación por actividad extractiva. Ontare. 2015. [fecha de consulta: 13 de octubre de 2018]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282577670_El_Mercurio_y_la_contaminacion_p or_actividad_extractiva

Marrugo, J. et al (2018) Distribución espacial y evaluación de la contaminación ambiental por mercurio en la región de la Mojana, Colombia. Recuperado de https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/revistamvz/article/view/1481

Moschella, (2011). Impactos ambientales de la minería aurífera y percepción local en la microcuenca Huacamayo, madre de dios. (Tesis de Pregrado), Pontificia universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Organización Mundial de la Salud (2017). El mercurio y la salud. Recuperado de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health

Palma, M. et al (2019) Niños y adolescentes expuestos ambientalmente a mercurio, en diferentes municipios de Colombia. Recuperado de https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistasaluduis/article/view/9214

Pérez, (2017). Evaluación de riesgo ambiental en el área de influencia minera del río crucero por plomo y mercurio - distrito de Ananea, (tesis de doctorado), en Universidad Nacional del Altiplano, Perú.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) 2005. Evaluación mundial sobre el mercurio. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. Ginebra, Suiza. 303 pág.

Tenorio, C. (2019) “Eficiencia de las semillas de Moringa oleífera en la adsorción de plomo en las aguas del Río San Pedro, Provincia de Santa Cruz - Cajamarca”. Universidad César Vallejo-Chiclayo.

Velásquez, M. (2018) Contaminación por Plomo y Cobre en el Rio Huaycoloro y su influencia en la Calidad del Agua en el Rio Rímac. Universidad César Vallejo.

Vento, (2017). El impacto de la minería ilegal del oro y el desarrollo sostenible en la región de Madre de dios, (tesis de doctorado), Universidad Inca Garcilaso de La Vega, lima Perú.

Villacorta, C. Tumbesinos en peligro mortal por consumir agua contaminada con metales. 2017.

Yglesias, D. (2019) Análisis de estrategias Socio-económicas para potenciar el desarrollo sostenible de la actividad minera en el distrito de Sexi-Cajamarca. Universidad César Vallejo. Chiclayo.

Zapata, Isabel. [et al]. Efectos de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida), sobre el crecimiento de microorganismos en suelos contaminados con mercurio de Segovia, Antioquia. Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina. [en línea]. 23 de octubre de 2016. vol. 17, n°1. [fecha de consulta: 21 de setiembre de 2018]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v27n1/v27n1a05.pdf

ANEXOS

Matriz de consistencia

Evaluación del riesgo ambiental por presencia de mercurio generado por la actividad minera artesanal en el rio Namballe, San Ignacio - Cajamarca

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Tipo y diseño	Población y muestra	Técnicas	Instrumentos
¿Cuál es el riesgo ambiental que representa el mercurio generado por la actividad minera artesanal en el rio Namballe, provincia de San Ignacio?	General Evaluar el riesgo ambiental que representa el mercurio generado por la actividad minera artesanal en el rio Namballe, Provincia San Ignacio. Específicos - Describir la actividad minería artesanal informal en el área de estudio. - Determinar la concentración de mercurio y de metales pesados en el sedimento a lo largo del río Namballe, generado por la actividad minera artesanal. - Evaluar la concentración de mercurio y de los metales pesados en el agua a lo largo del río Namballe, generado por la actividad minera artesanal.	**Ha:** El riesgo ambiental que representa el mercurio generado por la actividad minera artesanal en el río Namballe es alto. **Ho:** El riesgo ambiental que representa el mercurio generado por la actividad minera artesanal en el río Namballe no es alto.	VI. Actividad minera artesanal	La investigación se desarrolló siguiendo el enfoque cuantitativo	La población aguas del río Namballe que recepciona los residuos de la actividad minera artesanal. La muestra de agua se realizó en tres puntos distintos del río, donde se realiza la minería artesanal, de acuerdo al Protocolo de Monitoreo de calidad de agua del Ministerio del Ambiente. ,	Observa-ción	Ficha de observación
			VD. Riesgo Ambiental			Análisis laboratorio	Ficha de evaluación de laboratorio