

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“INFLUENCIA DE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS  
DE RELAVES MINEROS PARA REDUCIR EL  
IMPACTO NEGATIVO EN LA CUENCA DEL RIO  
MOCHE, LA LIBERTAD 2020”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniera de Minas**

**Autor:**

Clarita Vanessa Rodriguez Trujillo

**Asesor:**

Mg. Ing. Wilberto Effio Quezada  
<https://orcid.org/0000-0003-0364-5392>

Trujillo - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente	<b>Elvar Renato Miñano Mera</b>	<b>18130961</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Ronald Antonio Alvarado Obeso</b>	<b>44562630</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Liana Cardenas Gutierrez</b>	<b>40221041</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## TESIS\_CLARITA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**17%**

INDICE DE SIMILITUD

**18%**

FUENTES DE INTERNET

**9%**

PUBLICACIONES

**6%**

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

8%

★ [dspace.unitru.edu.pe](https://dspace.unitru.edu.pe)

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedicamos a Dios, por guiarme en este camino para cumplir cada una de mis metas trazadas.

A la Institución Pública de PRONABEC por brindar programas como Beca-18; que permite llevar a cabo nuestros estudios superiores.

A mi querida madre Alejandrina Trujillo por siempre apoyarme, aconsejarme y motivarme incondicionalmente en este arduo camino.

A mis queridas hermanas y queridos hermanos por brindarme consejos para afrontar la vida.

A la Ingeniera Liliana Castro Zavaleta por su tiempo, consejos y guía en el desarrollo de mi formación profesional.

Rodriguez Trujillo Clarita

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios, por haberme permitido cumplir una de mis metas y por guiarme en la realización de está. Asimismo, quiero agradecer siempre a mi madre por todo el esfuerzo realizado, por inculcarme valores, brindarme su apoyo, por su entera confianza y apoyo incondicional. Agradezco a mis docentes por brindarme conocimientos y su gran apoyo en especial a la Ing. Liliana Castro Zavaleta.

Agradezco a los que me ayudaron a lograr esta meta y celebran conmigo este logro, más a aquellas personas que me brindaron grandes consejos y motivaron.

**TABLA DE CONTENIDOS**

<b>JURADO EVALUADOR .....</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>INDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO .....</b>	<b>18</b>
<b>CAPITULO III. RESULTADO .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Consecuencias de la Contaminación del Agua por Relaves Mineros.....	23
<b>Tabla 2.</b> Descripción de las Medidas Correctivas.....	24
<b>Tabla 3.</b> Propiedades fisicoquímicas de ladrillos con relaves mineros.....	24
<b>Tabla 4 .</b> Diseño de Mezcla para Sustitución del 15% de Cemento por Relave Minero .....	25
<b>Tabla 5.</b> Efecto de la temperatura de curado en la resistencia a la tracción de discos.....	26
<b>Tabla 6.</b> Análisis Fisicoquímico y Microorganismos Aislados .....	28
<b>Tabla 7.</b> Inventario de Especies Vegetales en la Provincia de Trujillo.....	28
<b>Tabla 8.</b> Resultados de Cal Útil .....	29
<b>Tabla 9.</b> Comparación de Remoción de Metales Pesados .....	30
<b>Tabla 10.</b> Ventajas y Desventajas de las Medidas Correctivas.....	31
<b>Tabla 11.</b> Resultados de Cada Alternativa de Solución .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Metales Pesados Presentes en las Aguas de la Zona de Estudio .....	21
<b>Figura 2.</b> Metales Pesados Presentes en las Aguas de la Zona de Estudio .....	21
<b>Figura 3.</b> Nivel de Hierro de la RMoch9 en el Estudio Realizado por ANA en la Superficie de la Cuenca del Río Moche en el Distrito de Huanchaco. ....	22
<b>Figura 4.</b> Nivel de Manganeso de la RMoch9 en el Estudio Realizado por ANA en la Superficie de la Cuenca del Río Moche en el Distrito de Huanchaco. ....	22
<b>Figura 5.</b> Opinión de la Población Acerca que si Conocen de la Contaminación de Metales Pesados por Relaves Mineros .....	23
<b>Figura 6.</b> Composición Química de Muestra de Relave - Fluorescencia de Rayos X.....	25
<b>Figura 7.</b> Características del Ladrillo Elaborado .....	26
<b>Figura 8.</b> Diseño para la Resistencia 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	27
<b>Figura 9.</b> Tamaño Comparativo de Microorganismos .....	27
<b>Figura 10.</b> Concentración de Metales Pesados en Especies Vegetales de Diez Investigaciones .....	29
<b>Figura 11.</b> Opinión de la Población sobre la Aceptación de las Medidas Correctivas .....	32



## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Matriz de consistencia.....	42
<b>Anexo 2.</b> Matriz de operacionalización de variables.....	43
<b>Anexo 3.</b> Guía de análisis documental .....	44
<b>Anexo 4.</b> Cuestionario .....	45
<b>Anexo 5.</b> Géneros empleados para reducir el azufre en los AMD .....	49

## **RESUMEN**

El trabajo de investigación tiene como objetivo analizar la influencia de las medidas correctivas ante la contaminación del agua por relaves mineros para reducir el impacto negativo en la cuenca del río Moche, ya que fue declarada en estado de emergencia por el Estado Peruano en el año 2020. Por ello, esta investigación es de tipo descriptiva, con un diseño no experimental y con una población conformada por las aguas del Río Moche desde la provincia de Quiruvilca hasta el Océano Pacífico; asimismo, para recopilar los datos se usó los instrumentos de análisis documental y un formulario con lo que se obtuvieron los resultados. Las medidas correctivas empleadas para minimizar la contaminación del agua por relaves mineros son los métodos más conocidos como fitorremediación, biorremediación y bioproceso, dosificación de óxido de calcio y la elaboración de ladrillos; de los cuales, se estudiaron los beneficios de reducción de metales pesados, restauración de ambientes contaminados y su eficiente aplicabilidad. Concluyendo que la medida correctiva ideal es la fitorremediación; puesto que, la región La Libertad cuenta con la presencia de dos especies de plantas que facilitan la aplicación y/o su adaptación.

**Palabras clave:** Relaves mineros, minería, contaminación del agua, medidas correctivas y Río Moche.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

La industria minera es una actividad desarrollada a nivel mundial que se ha visto envuelta en diversos conflictos socioambientales, siendo uno de ellos la contaminación del recurso hídrico a consecuencia de relaves mineros. En ese sentido, La Organización Mundial de la Salud (OMS), menciona que el hombre es quien ocasiona los contaminantes que se acumulan en el agua, el cual es un elemento fundamental en la existencia del mundo (Aranda, 2017).

El río Mantaro en La Oroya-Perú, se ha visto afectado por la actividad minera, y según el monitoreo realizado por el MINEM sobre la calidad de agua; se reveló que los metales pesados sobrepasan los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Perú (Ministerio de Energía y Minas, 2010); estos estándares elevados generan riesgos irreversibles para la salud humana como para el medio ambiente.

Actualmente, el ANA (2020) evaluó la presencia de metales pesados (Pb, Fe, Cu, Zn, As, Cr, Cd, Mg) sobre la calidad del agua del río Moche. Por ello, el Estado Peruano se vio obligado aprobar el D. S. N° 204-2020-PCM; donde se: “Declara el Estado de Emergencia en los distritos de Quiruvilca de la provincia de Santiago de Chuco; Agallpampa, Salpo y Otuzco de la provincia de Otuzco y Poroto; Laredo, Trujillo, Huanchaco, Moche y Víctor Larco Herrera de la provincia de Trujillo, del departamento de La Libertad, por peligro inminente ante la contaminación de aguas superficiales del río Moche” (El Peruano, 2020).

Por un lado, el distrito de Quiruvilca en el que se origina esta contaminación, se desarrolló la actividad minera por parte de C.A canadiense Pan American Silver Corporation entre los años 1995 hasta 2012 (CooperAcción, 2018); sin embargo, hoy en día se lleva a cabo la minería artesanal e ilegal que genera relaves mineros no controlados; y son estos los que culminan en la cuenca de río Moche, que a largo plazo provocan tierras estériles y cosechas de

alimentos que contengan metales pesados que al consumirlo originan enfermedades estomacales, respiratorias, deformaciones en el embarazo, crecimiento lento en infantes y baja hemoglobina (Huaranga et al., 2012).

Por otro lado, Huaranga et al. (2012) señalan que la puesta en marcha de muchos proyectos mineros en el Perú, han provocado el incremento de la contaminación de las aguas por relaves mineros, como el de los ríos, lagos, lagunas y el mar, siendo este último el receptor final del cauce del agua.

Por consecuencia, la desinformación y el desconocimiento de los diferentes procesos o medidas correctivas para mitigar la contaminación del agua producto de relaves mineros en los ríos aledaños a ciudades; provoca la pérdida de la diversidad acuática, el origen de tierra infértil; y enfermedades estomacales, envenenamiento de la sangre e incluso muerte de infantes y/o ganado. Por eso, estas acciones deben ser efectuadas al detectar metales pesados en el agua; esto se logra con los monitoreos que se realizan por las entidades como el ANA, INDECI, MINAM a las aguas de los ríos del Perú.

Según, Aranda (2017) en su tesis titulada “la contaminación del agua en la protección del ambiente y la salud en el distrito de Hualgayoc, departamento de Cajamarca”; donde, emplea el método cualitativo, descriptivo y no experimental. Teniendo, como resultados que el 67% de las personas encuestadas considera que existe mucha contaminación del agua por la actividad minera; mientras que el 30% lo considera que poco y el 3% no considera que la contaminación del agua es por causa de los pasivos ambientales mineros. Concluyendo que el relave minero influye negativamente en el ambiente equilibrado y en el riego afectando en la salud de los pobladores, el bienestar de los ecosistemas y consecuentemente en la agricultura y ganadería; repercutiendo en el aspecto socio económico del distrito de Hualgayoc departamento de Cajamarca.

De igual manera, Meza y Mamani (2020) en la tesis denominada “estudio de los Relaves Mineros para la elaboración de ladrillos eco amigables”, esta investigación es descriptiva, de ahí que se obtuvo como resultado que para elaborar un ladrillo se requiere los valores de 17.29% de  $Al_2O_3$  (óxido de aluminio), 66.77% de  $SiO_2$  (óxido de silicio), 5.30% de  $K_2O$  (óxido de potasio), 3.89% de  $CaO$  (óxido de calcio), 5.86% de  $Fe_2O_3$  (óxido de hierro) y 1.07% de S (azufre); además, se debe realizar un análisis de resistencia de materiales; y complementarlo con otros insumos (que son parte del tratamiento para ser ladrillo habituales; decir, común). Se demostró que el uso de relaves mineros en la construcción de ladrillos sí será posible evaluada principalmente en función a su resistencia, cabe mencionar que se requiere de otros insumos para dar las características propias como insumo, para lo cual requiere de previo tratamiento o curado.

Así también, Muñoz et al. (2019), en su artículo científico nombrado “microorganismos tolerantes a metales pesados del pasivo minero Santa Rosa, Jangas (Perú)”; siendo de tipo descriptivo. Teniendo, como resultados que el índice de tolerancia a metales pesados se calculó usando medio salino suplementado con 1 mM a plomo (II), cobre (II), níquel (II) o zinc (II), y 0.1 mM a plata (I), cromo (VI) o cadmio (II). Concluyendo que es factible la aplicación de sistemas microbianos para la biorecuperación y bioprocesos de metales pesados presentes en el agua.

Del mismo modo, en la tesis de Ayala (2018) titulada “influencia de la dosificación de cal ( $CaO$ ) en el tratamiento de las aguas ácidas de la quebrada Mesa de Plata Hualgayoc”, definiendo a la investigación como experimental; por lo que se estudió la manipulación intencionalmente de una o más variables independientes; donde, se tuvo como resultado que la dosificación de Óxido de Cal de 0.75 g, 25 minutos agitación a 800 RPM y 30 minutos de reposo, aplicada 3.5 durante los 10 días reportando mejoras en temas del pH de 3.55 u. e; pasa a un promedio de 8.08 u. e,  $T^\circ$  promedio 11.92  $^\circ C$ , Más, la conductividad eléctrica promedio

1243.2 u S /cm y Turbiedad promedio 0.906 NTU, TDS promedio 901.94 mg/L. Concluyendo que la dosificación de Óxido de Cal (CaO); sirve como coagulante, floculante y neutralizante influye positivamente en el tratamiento de las aguas ácidas.

Por lo que, en el artículo de Paredes (2015), denominada “evaluación de la aplicabilidad de especies forestales de la serranía peruana en fitorremediación de relaves mineros”, su metodología es descriptivo; y en sus resultados se obtuvo una mayor remoción de Cu usando todas las especies evaluadas, siendo *Polylepis racemosa* con la que se consiguió el mayor porcentaje de remoción (90.15%), esta especie; también fue la que logró mayor remoción de Sb (80.14%), As (54.62%), Ag (50.65%) y Pb (71.21%). Además, para el Cd fue el Eucalipto la especie con la que se obtuvo el mayor porcentaje de remoción (50.05%). Se concluyó que los relaves mineros podrían ser tratados aplicando la técnica de fitorremediación con especies forestales que habitan en la sierra peruana. Las especies forestales seleccionadas demostraron tener la capacidad de tolerar suelos contaminados con relaves o metales pesados (especies metal tolerantes) y además tienen la capacidad de remediar los sitios contaminados, elevando el pH ácido y removiendo los elementos químicos del medio contaminado.

Asimismo, según Asunción y Rosas (2020) en la revisión sistemática “remediación de aguas residuales producto de la minería subterránea”; donde, se usó la metodología de la Matriz de búsqueda de artículos de investigación (MBI); después, de la aplicación de un *biorreactor* pasivo; habiendo los resultados que fueron la remoción de 93% de Fe y un 34% de Zinc; así también, en el método de biorremediación se usó el jabón sin excipientes; obteniendo un rango de 95 a 98 % de remoción de metales pesado; además, con los filtros de membrana de quitosano se obtuvo una disminución de 1.75% m/v y 1.75% entrecruzada con glutaraldehído 0.08% v/v; siendo, el cromo el más removido. Concluyendo, que el método de filtrado es el que presenta mejores resultados.

De igual forma, Chung (2008) en su artículo científico sobre el “control de

contaminantes químicos en el Perú”, para tener referencia y conocimiento del nivel de contaminación que existe en cada lugar, es necesario que existan metodologías y técnicas analíticas. Por ello, tiene como resultado que los contaminantes principales son los metales pesados y tóxicos como plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cobre, zinc, cromo, vanadio, tungsteno, molibdeno, hierro, manganeso, cianuros, etc. Especialmente, en la minería informal contamina con indeterminadas cantidades de mercurio y cianuro. Concluyendo que en el país no se conoce con precisión el nivel de contaminación por sustancias orgánicas tóxicas que puedan estar presentes en el ambiente a causa de la contaminación industrial, agrícola y doméstica, dado que son muy variadas y provienen de distintas fuentes, tanto puntuales como difusas.

Por otro parte, en la tesis de Palacios y Ramos (2020), nombrada “gestión integrada del recurso hídrico para la recuperación de la calidad del agua en la laguna Piás, Pataz”; esta investigación es no experimental de tipo descriptivo, se examinaron los indicadores físico-químico de esta laguna, cuyos resultados que el 1,6 mg/l de fósforo total, 0,0200 de mg/l Sulfuro, 0,0004 mg/l de Mercurio y 0,0120 mg/l de Plomo; estos superan el ECA categoría 4, así como también el pH, Cianuro libre y los sólidos suspendidos. Se concluyo que los parámetros físico-químico del agua de la laguna Piás, donde se observa que el fosforo total, sulfuro, mercurio y plomo superan el ECA categoría 4, siendo estos metales pesados, así como también el pH, cianuro libre y los sólidos suspendidos

Por lo tanto, las medidas correctivas son empleadas para solucionar deferentes problemáticas, como lo son: “la construcción de ladrillos es factible principalmente por su función de resistencia; sin embargo, se necesita realizar un previo tratamiento o curado, además de otros insumos para dar las características propias de este material”(Meza & Mamani, 2020); asimismo, “el sistemas microbianos para la biorecuperación y bioprocesos de metales, es decir, es la extracción de la microflora de hongo y bacteria que son inmunes a los metales pesados y

se pueden emplear para la protección de la flora” (Muñoz et al., 2019); y también “la aplicación del tratamiento de la fitorremediación, permite reparar espacios contaminados, por metales pesados, debido a la tolerancia de sus organismos” (Paredes, 2015).

Por esta razón, la contaminación del agua por relaves mineros es cuando los ríos, lagunas y mar presentan gran cantidad de metales pesados que superan la normativa del Estándar de Calidad del Agua: “El agua es un recurso natural no renovable, indispensable para la vida y para un desarrollo sostenible” (Palacios & Ramos, 2020). Es decir, “la contaminación del agua es la presencia excesiva de sustancias venenosas, por lo que afecta su calidad al disminuir el oxígeno en putrefacción” (Palacios & Ramos, 2020); por ello, los “relaves mineros son los residuos producto de las plantas de flotación que contienen mineral sin valor económico” (Huaranga et al., 2012).

De manera que, “la cuenca del río moche, está ubicado en la región La Libertad en Perú, comprendiendo parte de las provincias de Trujillo, Otuzco, Santiago de Chuco, Julcán y Quiruvilca. Este es uno de los ríos que desemboca en el Pacífico, drenando 2708 km<sup>2</sup> de agua” (Huaranga et al., 2012). Por lo cual, se debe conocer que “un río es una fuente natural de agua que fluye continuamente por un determinado cauce en la superficie terrestre” y una “cuenca es más amplia que un río; donde fluyen las aguas de uno o más ríos y lagos” (Moreira et al., 2018).

Por lo cual, la realización de este trabajo de investigación es conveniente para estudiar la influencia de medidas correctivas de los relaves mineros en el río Moche (Perú); que permitirán que las provincias que se encuentran dentro de la declaratoria de emergencia identifiquen las acciones que pueden utilizar para mitigar el Muy Alto riesgo existente en sus localidades. Al mismo tiempo, estas medidas correctivas son importantes para contrarrestar el impacto ambiental frente a este recurso esencial; como lo es el agua ya que su contaminación es producto del hombre (minería). Y también, con esta investigación se presentará varios estudios con la finalidad que se reconozcan las alternativas para mitigar el impacto negativo de



los descarrimientos de relaves mineros en el cauce del río Moche, además de usarlo como base para futuras investigaciones.

Finalmente, la problemática de la contaminación del agua producto de relaves mineros, origina daños en el ambiente; además, que afecta la salud de los pobladores de la sierra liberteña; por esto, el tema se enmarca en la línea de investigación de Salud Pública y Poblaciones vulnerables, aprobada por la Universidad Privada del Norte, en esta línea y por todo lo indicado es conveniente realizar la investigación a partir de la siguiente pregunta: ¿Cómo influyen de las medidas correctivas de relaves mineros para reducir el impacto negativo en la cuenca del río Moche, La Libertad 2020?

Por lo antes mencionado, este estudio tiene como objetivo general: analizar la influencia de las medidas correctivas de relaves mineros para reducir el impacto negativo en la cuenca del río Moche; para lograr este objetivo general es necesario realizar los siguientes objetivos específicos: identificar la presencia de metales pesados en la evaluación de las medidas correctivas en las aguas del río Moche-La Libertad; luego describir las ventajas y desventajas de las medidas correctivas implementadas para mitigar la contaminación del agua producto de relaves mineros; para finalmente, plantear la medida correctiva más eficaz para mitigar el impacto negativo de la contaminación de la cuenca del río Moche.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

El enfoque considerado para esta investigación es el **cualitativo**; el cual, es la descripción de datos con sus propias palabras, después realizar una observación (Quecedo & Castaño, 2002). Por lo cual, esta investigación utilizará la recolección de datos para desarrollar preguntas de investigación durante el proceso de interpretación y descripción acerca del análisis de la influencia de las medidas correctivas ante la contaminación del agua por relaves mineros para la reducción del impacto negativo en la cuenca del río Moche, La Libertad.

Esta investigación es de diseño **no experimental**; puesto que, durante una investigación no experimental, no se desarrollará ningún tipo de maniobra a las variables de estudio, sino que únicamente se describe, analiza e interpreta, como es la realidad sin alterar ningún dato (Sánchez et al., 2018). Así mismo, presentará un **corte transversal**; es decir, la base de datos en un solo tiempo y se encarga de describir y analizar los acontecimientos de las variables en estudio (Sánchez et al., 2018).

Por lo antes manifestado, la investigación se enmarcará en el tipo **descriptivo**, en este tipo se elaboran representaciones de un contexto global de un acontecimiento o fenómenos (Sánchez et al., 2018).

Asimismo, esta investigación es descriptiva; debido a que se desarrollará enfocado a las realidades y sus características importantes, en la que se interpretará y presentará de forma objetiva las variables de estudio: como es las medidas correctivas y la contaminación del agua por relaves.

Según Sánchez et al. (2018), la población es un todo del conjunto de personas, elementos u otros; los cuales comparten algo en común, que se pueden identificar para ser estudiados. Por ello, en la investigación se tendrá una **población definida**; puesto que se sabe el número de elementos que formarán el estudio la cual se compone por las aguas de la cuenca

del río Moche; desde la provincia de Quiruvilca hasta el Océano Pacífico.

La muestra es un grupo de casos o individuos sustraídos de la población; los cuales han sido seleccionado por una característica en común que se requiere ser estudiada (Sánchez et al., 2018). Para determinar, la muestra de la presente investigación se empleará el método no probabilístico; donde, se seleccionará los individuos a conveniencia del estudio; la cual será las aguas del Litoral Costero de Huanchaco-Trujillo, puesto que la cuenca del Río Moche desemboca en sus playas.

El método de esta investigación es el inductivo y deductivo; en el cual se conocerán datos de lo general a lo particular o en sentido contrario; es decir, se estudiará cada variable, como también en el objetivo de investigación se generalizará afirmaciones que sustenten nuestra hipótesis científica.

La técnica es un conjunto de instrumentos o procedimientos; en los cuales, se desarrolla el método (Sánchez et al., 2018); es decir, las técnicas son recursos usados para la recolección de información, los cuales, el investigador emplea para descubrir un hecho o adquirir más conocimiento. Por lo tanto, la técnica que se empleará para la recolección de datos en la investigación es el análisis documental y la encuesta.

Según, Mejía (2005) señala que el instrumento es una herramienta que permite coleccionar datos sobre las variables de estudio. Al mismo tiempo, algunos de estos instrumentos para recaudar datos son las guías de entrevistas, test, cuestionarios, material experimental, etc. Por ello, para la recolección de información para la presente información se empleará una ficha de análisis documental y un cuestionario.

En la investigación se empleará dos instrumentos; siendo, la primera la redacción de la ficha de análisis documental; la cual, permitirá ordenar la información, según el título del documento, autor, referencia en formato APA, número de páginas, definiciones o aportes respecto a las variables en estudio; asimismo, esta ficha facilitará la identificación información

para investigación.

Del mismo modo, se elaboró un cuestionario de 10 preguntas, que contará con 2 modalidades; el cual, se aplicó a los pobladores de Huanchaco, con el fin de recoger información para la investigación; por ello, este instrumento se dividirá en dos partes la primera constará de 5 preguntas que verificarán el conocimiento acerca de la contaminación de las aguas por relaves mineros de la cuenca del río Moche; teniendo como dimensiones: conocen sobre minería y relaves mineros del río Moche. A su vez, la segunda parte tendrá 5 preguntas; las cuales, servirán para dar a conocer e identificar las medidas correctivas que se podría emplear para reducir el impacto negativo de la cuenca del río Moche. Agregando a lo anterior, las respuestas para la primera sección estarán organizadas en 3 opciones el SI, NO y Talvez; además, que en la segunda sección será mediante una escala del 1 al 5, donde 1 es en desacuerdo y 5 es totalmente de acuerdo.

En la determinación de validez y confiabilidad de los instrumentos, se utilizará a opción y la conformidad de expertos en el tema de la carrera de ingeniería de Minas, Ambiental y Geológica de nuestra casa superior de estudio en la sede Trujillo.

Asimismo, tras haber aplicado el instrumento, se procederá a la organización de la información en MS. Excel; el cual, permitirá la elaboración de tablas y gráficos que describan los resultados finales de variables y dimensiones; además, que para la redacción del informe se utilizará el paquete de Office 2019.

Finalmente, en esta investigación se realizará el citado de todas las fuentes consultadas y consideradas; así también, se contará con la autorización de la muestra de estudio para recolectar la información que se necesitará; puesto que estos datos serán usados con fines académicos, basada en el método científico y sin olvidar que un investigador presenta sus resultados sin alterar los datos reales.

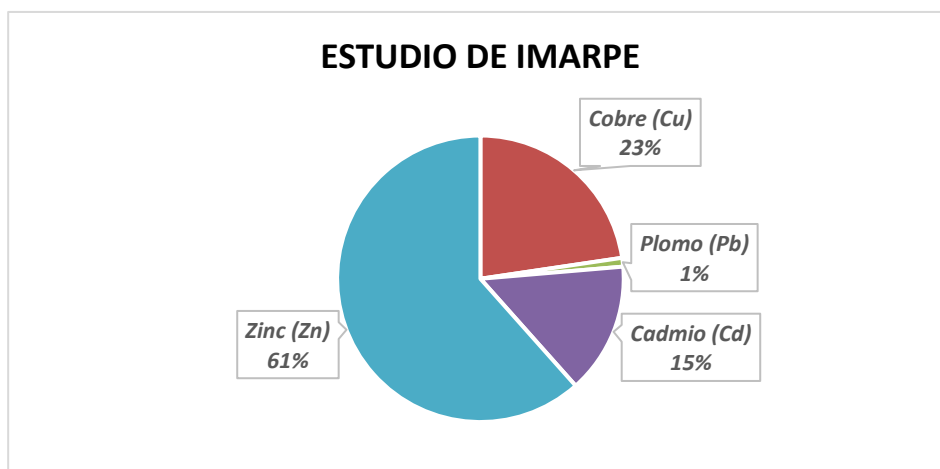
### CAPITULO III. RESULTADO

#### Resultado de la presencia de metales pesados

La presencia de metales pesados en el río Moche sobrepasa los Estándares de Calidad de Ambiental y la Norma Canadiense (ISQG), en el siguiente gráficos identificará los metales pesados presentes en las aguas de la zona de estudio.

**Figura 1**

*Metales Pesados Presentes en las Aguas de la Zona de Estudio*

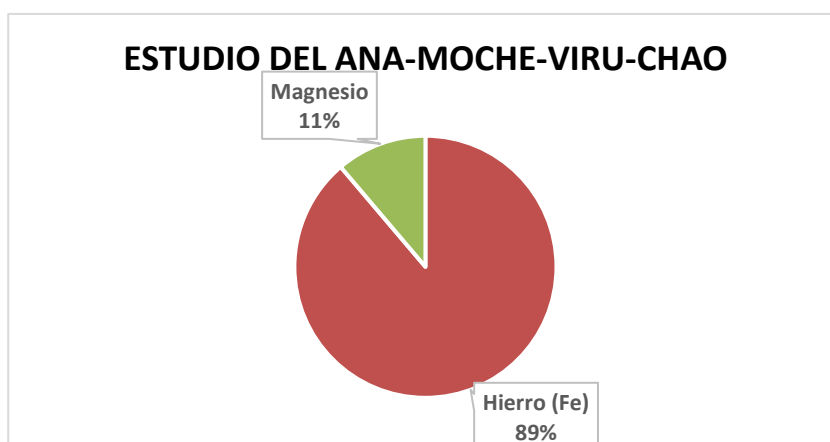


Fuente: (IMARPE, 2020)

Huanchaco fue reportada contaminada por cuatro metales ecotóxicos como Zn, Pb, Cd y Cu.

**Figura 2**

*Metales Pesados Presentes en las Aguas de la Zona de Estudio*



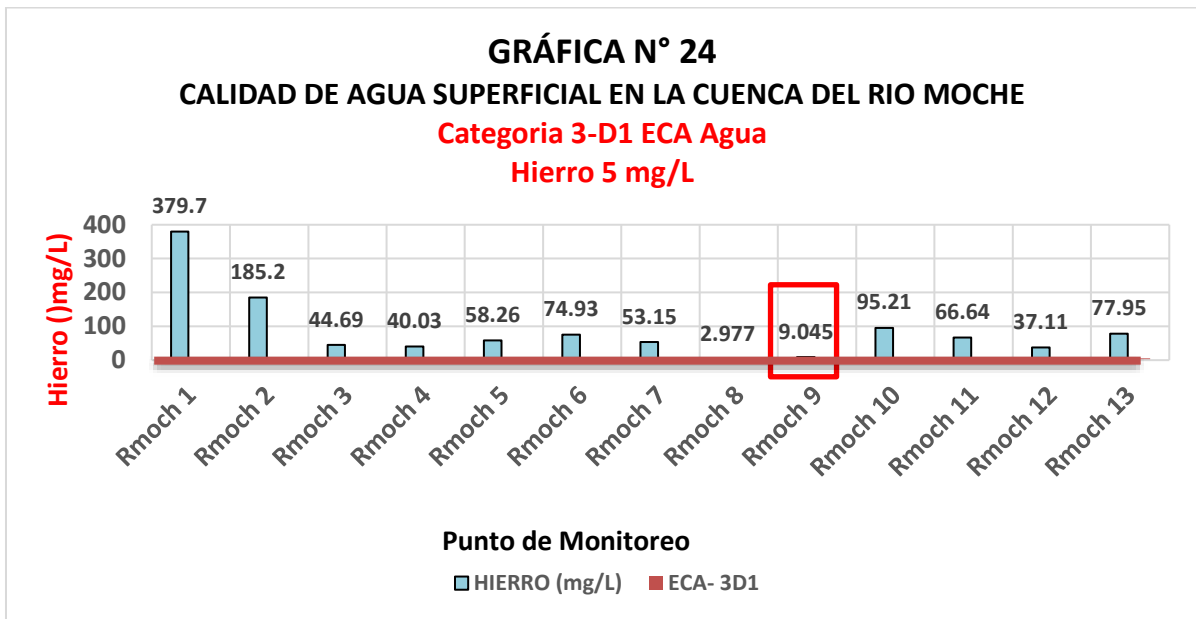
Fuente: (ANA-MOCHE-VIRU-CHAO, 2021)

La presencia de manganeso y hierro puede ser producto de la incorporación de aguas de drenajes

o por vertimientos de aguas residuales industriales no identificados.

**Figura 3**

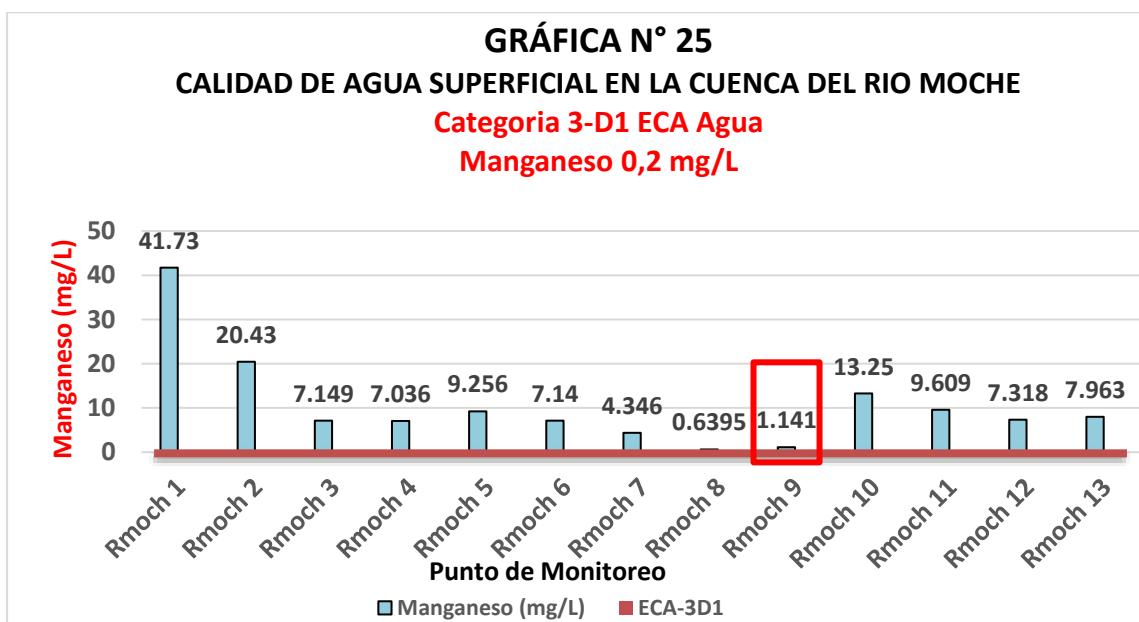
*Nivel de Hierro de la RMoch9 en el Estudio Realizado por ANA en la Superficie de la Cuenca del Río Moche en el Distrito de Huanchaco.*



Fuente: (ANA-MOCHE-VIRU-CHAO, 2021)

**Figura 4**

*Nivel de Manganeso de la RMoch9 en el Estudio Realizado por ANA en la Superficie de la Cuenca del Río Moche en el Distrito de Huanchaco.*

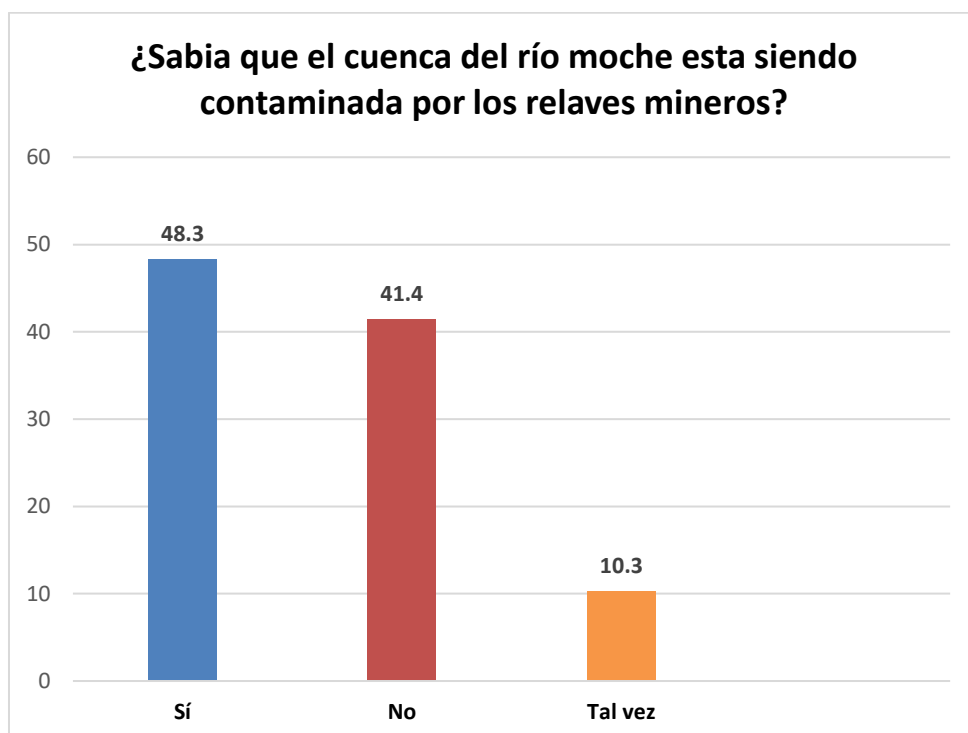


Fuente: (ANA-MOCHE-VIRU-CHAO, 2021)

Opinión de población sobre conocer de la contaminación que existe del río Moche se presenta a continuación:

**Figura 5**

*Opinión de la Población Acerca que si Conocen de la Contaminación de Metales Pesados por Relaves Mineros*



Como se aprecia en la figura el 48.3% de la población conoce sobre la problemática existente en la cuenca del río Moche mientras que un 41.4% la desconoce y el 10.3% no sabe de este tema.

**Tabla 1**

*Consecuencias de la Contaminación del Agua por Relaves Mineros*

ÍTEM	CONSECUENCIAS
PERSONAS	Las enfermedades crónicas, respiratorias, toxicidad y digestivas hasta en algunos cánceres (Gonzales, y otros, 2014).
FLORA	La disminución de clorofila y pH en las hojas, además de falta de Dióxido de Carbono para completar la fotosíntesis (Choque, 2019).
FAUNA	El daño al medio marino producido por la biota marina, la cual es la bioacumulación de residuos tóxicos (Choque, 2019).

*Nota.* Las consecuencias son evidentes que pueden ser letales desde enfermedades crónicas en humanos, el impedir el crecimiento de las plantas y en la fauna perjudica principalmente a la biota marina en algunos casos produce la muerte mientras que en otros los convierte en altamente tóxicos para su consumo.

### Resultados describiendo las medidas correctivas implementadas

A continuación, se presentarán las medidas correctivas empleadas para mitigar el impacto negativo de los relaves mineros.

**Tabla 2**

#### Descripción de las Medidas Correctivas

Medidas Correctivas	Propiedades y/o características distintivas
Elaboración de ladrillos con relaves mineros	Propiedades fisicoquímicas de ladrillos con relaves mineros. Composición Química de muestra de relave Diseño de mezcla Características del ladrillo Diseño de su resistencia
Sistemas microbianos para la biorecuperación y bioprocesos de metales en relaves mineros	Análisis fisicoquímico y microorganismos aislados Géneros empleados para reducir el azufre en los AMD
Tratamiento de fitorremediación	Inventario de especies vegetales en la provincia de Trujillo Concentración de metales pesados en especies vegetales de diez investigaciones
Dosificación de CAL ( <i>Oxido de Calcio</i> )	Resultados de cal útil Comparación de remoción de metales pesados.
<b>Ventajas y Desventajas</b>	

*Nota:* En la tabla se puede visualizar los subconceptos que se abarcan de cada medida correctiva.

La construcción de ladrillos de relaves mineros es una medida correctiva que se emplea para mitigar el impacto generado por estos residuos.

**Tabla 3**

#### Propiedades fisicoquímicas de ladrillos con relaves mineros.

Muestra	Ag (ppm)	Al (%)	As (ppm)	Ba (ppm)	Be (ppm)	Bi (ppm)	Ca (%)	Cd (ppm)
	26.9	5.99	>10	200	0.5	11	0.76	0.5
P-190	Mn (ppm)	Mo (ppm)	Na (%)	Ni (ppm)	P (ppm)	Pb (ppm)	S (%)	Sb (ppm)
	564	1	0.015	1	680	4970	1.67	221
Co (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Ga (ppm)	K (%)	La (ppm)	Mg (%)	Se (ppm)
3	13	112	6.53	10	2	10	0.51	7
Tb (ppm)	Ti (%)	Tl (ppm)	U (ppm)	V (ppm)	W (ppm)	Zn (ppm)	Au (ppm)	Sr (ppm)
<20	0.24	<10	<10	77	10	225	0.514	69

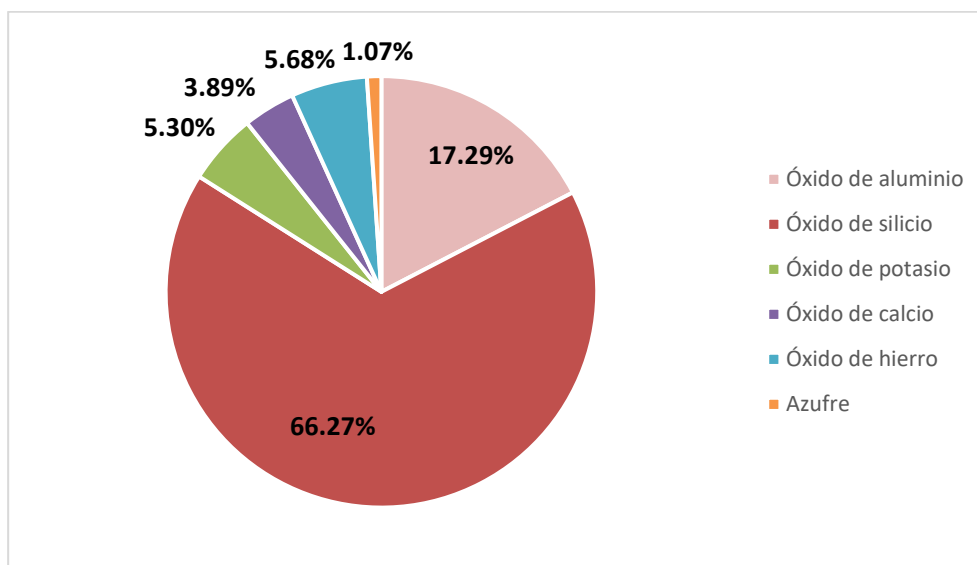


**Nota:** Los elementos metálicos presentes en un relave minero, donde indica que existe una considerable concentración Arsénico - As (más de 10 000 ppm).

Fuente: (Meza & Mamani, 2020)

### Figura 6

*Composición Química de Muestra de Relave - Fluorescencia de Rayos X*



Fuente: (Meza & Mamani, 2020)

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: óxido de aluminio, SiO<sub>2</sub>: óxido de silicio, K<sub>2</sub>O: óxido de potasio, CaO: óxido de calcio, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: óxido de hierro y S: azufre. Donde, se concluye que el mayor porcentaje representa el cuarzo.

### Tabla 4

*Diseño de Mezcla para Sustitución del 15% de Cemento por Relave Minero*

Materiales	Proporción	Unidades	N° Probetas	Total
<b>Cemento</b>	0.044	Kg	12	0.53
<b>Agua de mezclado</b>	0.034	Lts	12	0.408
<b>Agregados finos</b>	0.209	Kg	12	2.506
<b>Relave minero</b>	0.008	Kg	12	0.094

**Nota:** Dimensiones de probeta: cubo de 0.05 m, % de desperdicio 10%

Fuente: (Meza & Mamani, 2020)

**Figura 7**

*Características del Ladrillo Elaborado*



Fuente: (Meza & Mamani, 2020)

La medida de la densidad de los ladrillos elaborados es de 1.80 a 2.0 g/cm<sup>3</sup> y su peso aproximado a los 2.8 kg de color gris.

**Tabla 5**

*Efecto de la temperatura de curado en la resistencia a la tracción de discos*

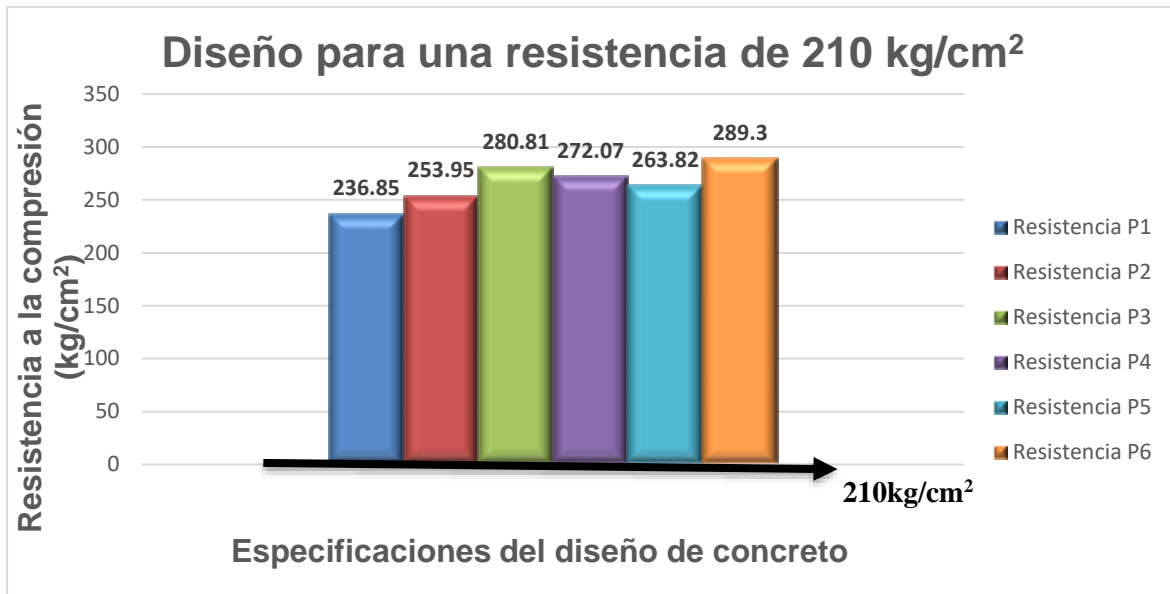
CS (%)	CM(M)	T° (°C)	D(cm)	e(cm)	Carga	MPa	FO(Mpa/kg)
22	10	90	5.04	1.65	22.60	0.169	3.29
		120	5.05	1.81	26.17	0.180	3.68
		150	5.04	1.54	42.80	0.342	6.44
		180	5.07	1.62	58.76	0.439	8.25

**Nota:** CS: contenido de solución, CM: concentración molar, T°: temperatura, D: diámetro, e: espesor, FO: factor de optimización. Además, la resistencia a la tracción, a partir de 22% de contenido de solución, 10M concentración molar.

Fuente: (Meza & Mamani, 2020)

**Figura 8**

*Diseño para la Resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>*

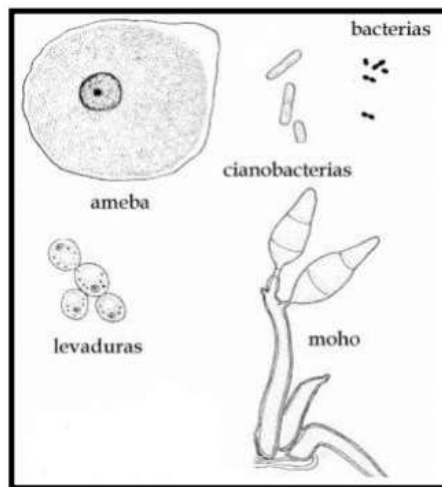


Fuente: (Benites & Leiva , 2015)

Sistemas microbianos para la biorecuperación y bioprocesos de metales en relaves mineros es una tecnología que utiliza principalmente metabólico de los microorganismos (Muñoz, et al.,2019).

**Figura 9**

*Tamaño Comparativo de Microorganismos*



Fuente: (Muñoz et al., 2019)

**Tabla 6**

*Análisis Fisicoquímico y Microorganismos Aislados*

Muestra		M0	M1	M2	M3
Especie vegetal			<i>Ricinus communis</i>	<i>Bidens pilosa</i>	<i>Solanum americanum</i>
	Tipo de suelo	Franco	Arenoso	Franco	Franco
<b>Análisis de fertilidad</b>	pH	7.35	9.26	7.19	8.2
	M. O. %	3.886	1.273	3.484	2.01
	Nt. %	0.0194	0.064	0.174	0.101
	P(ppm)	22	4	16	4
	K(ppm)	118	99	91	127
	C.E (Ds/m)	1.29	2.11	0.968	2.21
<b>Metales pesados</b>	Cd(mg.kg <sup>-1</sup> )	0.083	0.088	0.108	0.118
	Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	0.47	0.65	1.13	0.02
	Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	0.02	0.02	0.02	0.02
	Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	9.11	6.18	6.73	5.52
	Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	1.86	1.27	1.41	1.39
	CrVI(mg.kg <sup>-1</sup> )	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>Hongos</b>	Cantidad (%)	4(50)	4(44)	8(62)	7(64)
	Códigos	CTLMO1-CTLMO4	CTLM05-CTLM08	CTLM09-CTLM16	CTLM17-CTLM24
<b>Bacterias</b>	Cantidad (%)	4(50)	5(56)	5(38)	4(36)
	Códigos	SSR01-SSR04	SSR05-SSR08, SSR10	SSR11-SSR15	SSR16-SSR19

*Nota:* Se aislaron un total de 41 cepas incluyendo 22 hongos filamentosos, 1 levadura y 18 bacterias

Fuente: (Muñoz et al., 2019)

El tratamiento de la fitorremediación para relaves mineros basándose principalmente en las concentraciones de los metales pesados que acumuló cada planta (tallo-raíz), como aluminio, arsénico, cadmio, cobre, magnesio, manganeso, plomo y zinc, considerando que las plantas fueron de tallo corto, tallo leñoso y tallo largo (García & Vásquez, 2020).

**Tabla 7**

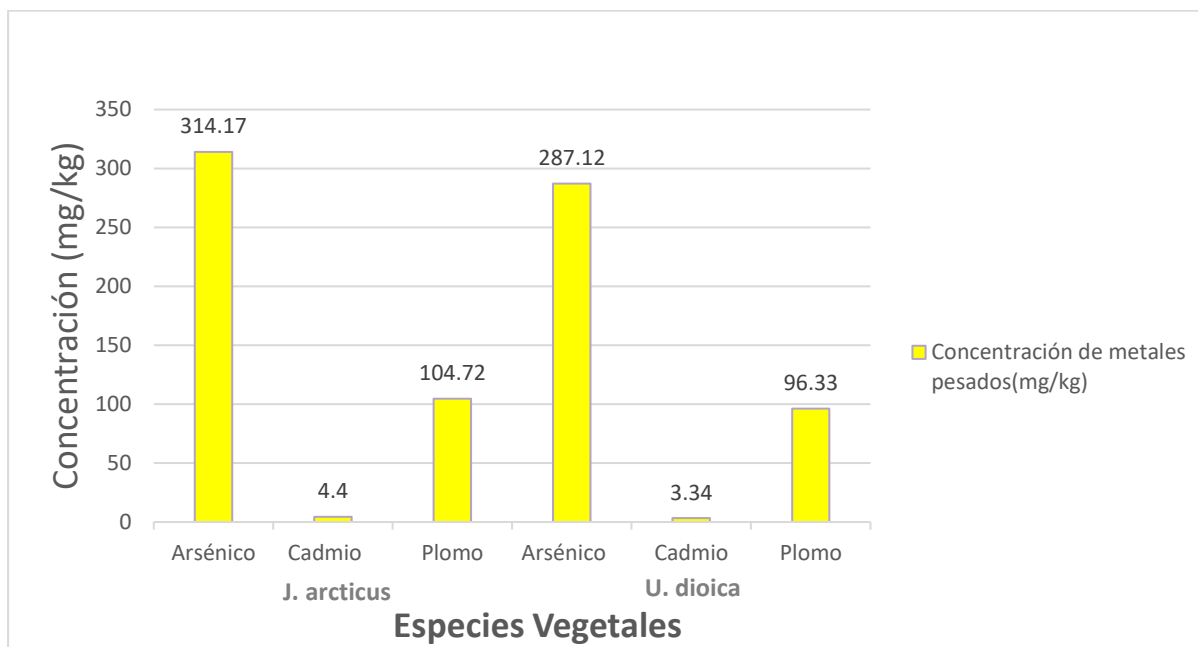
*Inventario de Especies Vegetales en la Provincia de Trujillo*

Autor y año	Lugar	Especie Vegetal	Tipo	Metal	Concentración de la planta (mg/kg)	
					Tallo	Raíz
<b>Bazán y Rojas (2018)</b>	Trujillo	<i>Juncus arcticus</i>	Tallo	Arsénico	314.17	
			Corto	Cadmio	4.40	
		<i>Urtica dioica</i>	Tallo	Plomo	104.72	
			Corto	Arsénico	287.12	
				Cadmio	3.34	

Fuente: (García & Vásquez, 2020)

**Figura 10**

*Concentración de Metales Pesados en Especies Vegetales de Diez Investigaciones*



Fuente: (García & Vásquez, 2020)

La especie vegetal *J. arcticus* presentó mayores concentraciones en As, Cd y Pb con 314.17 mg/kg, 4.4 mg/kg y 104.72 mg/kg respectivamente, en comparación con *U. dioica*.

La dosificación de Cal (*Óxido de calcio*) como tratamiento para la remoción de relaves mineros. En la siguiente figura se muestra el resultado de cal útil de 85%.

**Tabla 8**

*Resultados de Cal Útil*

Análisis de Oxido de Calcio óptima									
Ítem	Cuid	Tipo	Identidad	Identidad extrema	Cal óptima % Iq (1)	Duplicado de CaO % Iq (0.01)	Resultado de muestra CaO % Iq(0.01)	Volumen del titulante ml (0)	Peso de muestra g Iq(0)
1	2000197	UN K	CC1804835.001	ELZA SALA VM-801	85.19263946		85.19263946	85.28	2.8012

Fuente: (Ayala, 2018)

Tabla 9

*Comparación de Remoción de Metales Pesados*

Parámetro	Unidad	Muestra sin tratar M:001-A	Promedio Muestra tratada con CaO LAB	% Removido	% No Removido
Plata (Ag)	Mg/L.	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	Mg/L.	0.771	0.084	89%	11%
Arsénico (As)	Mg/L.	0.028	0.008	71%	29%
Boro (B)	Mg/L.	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bario (Ba)	Mg/L.	0.020	0.021	<b>-3%</b>	<b>103%</b>
Berilio (Be)	Mg/L.	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Bismuto (Bi)	Mg/L.	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Calcio (Ca)	Mg/L.	225.7	375.633	<b>-66%</b>	<b>166%</b>
Cadmio (Cd)	Mg/L.	0.175	0.003	98%	2%
Cobalto (Co)	Mg/L.	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	Mg/L.	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	Mg/L.	0.055	<LCM	<LCM	<LCM
Hierro (Fe)	Mg/L.	6.639	0.068	99%	15
Potasio (K)	Mg/L.	1.095	0.996	9%	91%
Litio (Li)	Mg/L.	0.006	0.008	<b>-28%</b>	<b>128%</b>
Magnesio (Mg)	Mg/L.	16.54	2.089	87%	13%
Manganeso (Mn)	Mg/L.	22.92	0.150	99%	1%
Molibdeno (Mo)	Mg/L.	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Sodio (Na)	Mg/L.	2.596	2.239	14%	86%
Níquel (Ni)	Mg/L.	0.012	<LCM	<LCM	<LCM
Fósforo (P)	Mg/L.	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Plomo (Pb)	Mg/L.	0.038	0.004	89%	11%
Azufre (S)	Mg/L.	291.7	292.000	0%	100%
Antimonio (Sb)	Mg/L.	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	Mg/L.	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Silicio (Si)	Mg/L.	6.349	0.815	87%	13%
Estroncio (Sr)	Mg/L.	0.550	0.728	<b>-32%</b>	<b>132%</b>
Titanio (Ti)	Mg/L.	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Talio (Tl)	Mg/L.	0.024	0.10	60%	40%
Uranio (U)	Mg/L.	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Vanadio (V)	Mg/L.	0.017	<LCM	<LCM	<LCM
Zinc (Zn)	Mg/L.	46.81	0.973	98%	2%

Fuente: (Ayala, 2018)

**Tabla 10**

*Ventajas y Desventajas de las Medidas Correctivas*

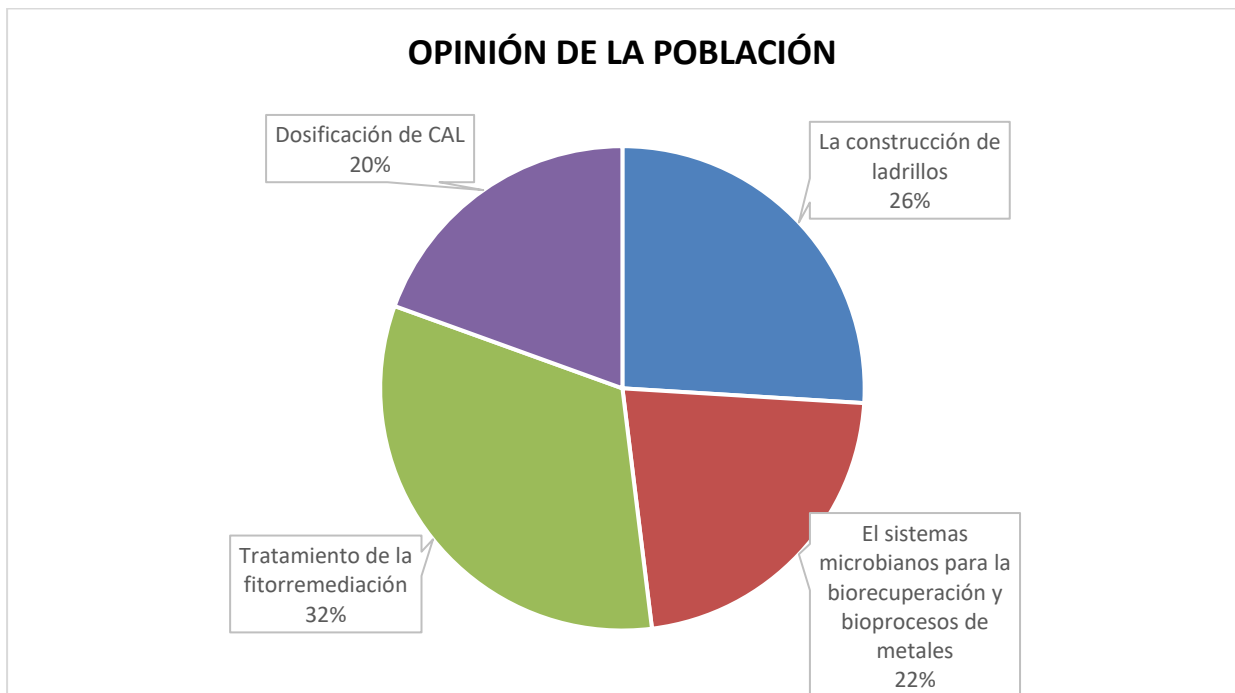
Medidas Correctivas	Ventajas	Desventajas
Elaboración de ladrillos con relaves mineros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emplea los relaves mineros.</li> <li>• Resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup></li> <li>• Utilizar en edificaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El concentrado estudiar la resistencia.</li> </ul>
Sistemas microbianos para la biorecuperación y bioprocesos de metales en relaves mineros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamientos físicos y químicos (de gaseosos a líquidos o sólidos).</li> <li>• No componentes estructurales o mecánicos.</li> <li>• No amenaza el medio ambiente.</li> <li>• Económica viable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La biodegradación incompleta.</li> </ul>
Tratamiento de fitorremediación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emplea de plantas.</li> <li>• Usó de tallo y raíz</li> <li>• Ubicación en departamentos de La Libertad, Áncash, Arequipa, Cajamarca y Lima en el Perú.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otros lugares.</li> </ul>
Dosificación de CAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo.</li> <li>• Remoción de hierro y cobre.</li> <li>• Coagulante, floculante y neutralizante</li> <li>• Empleado en minería artesanal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usados para controlar el pH.</li> </ul>

### Resultado de la medida correctiva más eficaz para mitigar el impacto negativo

Para la selección de la medida correctiva para mitigar el impacto negativo en la cuenca del río moche, se han estudiado 4 posibles alternativas.

#### Figura 11

*Opinión de la Población sobre la Aceptación de las Medidas Correctivas*



Como se visualiza la mayoría de la población selecciono a la fitorremediación con un 32% de aceptación.



**Tabla 11**

*Resultados de Cada Alternativa de Solución*

Medidas Correctivas	Elaboración de ladrillos con relaves mineros	Sistemas microbianos para la biorecuperación y bioprocesos de metales en relaves mineros	Tratamiento fitorremediación	Dosificación de CAL
<b>Resultados</b>	El relave minero: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contiene metales pesados de sílice, muscovita, pH fuertemente ácido.</li> <li>• Granulometría media</li> <li>• Baja plasticidad.</li> <li>• Color gris claro.</li> <li>• Densidad de 1.80 a 2.0 g/cm<sup>3</sup>.</li> <li>• Peso de 2.8 kg</li> <li>• Resistencia promedio de 12 MPa a partir de 72 hrs.</li> <li>• Resistencia de 222.11 kg/cm<sup>2</sup></li> </ul>	Los microorganismos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran tolerancia a metales pesados.</li> <li>• Utiliza medio salino.</li> <li>• 1 mM a plomo (II).</li> <li>• 1 mM Cobre (II).</li> <li>• 1 mM níquel (II).</li> <li>• 1 mM o zinc (II).</li> <li>• 0.1 mM a plata (I).</li> <li>• 0.1 mM cromo (VI).</li> <li>• 0.1 mM cadmio (II).</li> </ul>	Especies vegetales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 14 especies vegetales.               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 7 especies fueron Fito extractivas</li> <li>○ 3 fueron Fito estabilizadoras</li> <li>○ 4 fueron Fito extractivas y Fito</li> </ul> </li> <li>• Estabilizadoras para Al, As, Cd, Cu, Mg, Mn, Pb y Zn.</li> <li>• La región La Libertad (2 especies)</li> </ul>	La dosificación de cal (CaO): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coagulante, floculante y neutralizante.</li> <li>• Tratamiento de las aguas ácidas.</li> <li>• El pH de 3.55 u.e en promedio a 8.09 u.e.</li> <li>• Hierro Fe de 6.639 mg/L a 0.068 mg/L y Mn de 22.92mg/L a 0.150 mg/L.</li> </ul>

**Nota.** Se puede apreciar que la medida correctiva de la construcción de ladrillos a partir de relaves mineros es muy efectiva en la remoción de metales pesados puesto que resulta muy favorable para la salud y el ambiente. Sin embargo, la fitorremediación y la biorecuperación tienen el mismo nivel de efectividad ya que se usan plantas, bacterias, hongos, etc. y la adsorción de la CAL útil es uno de los tratamientos más empleados desde pequeña minería hasta gran minería.

## CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusión

Según el IMARPE (2020) en los monitoreos perpetrados a las playas de Huanchaco; donde, desemboca la cuenca del Río Moche al océano, en los años 2013, 2013, 2014 y 2016 fue reportada contaminada por materia orgánica, inorgánica y microbiológica. Por esto, se hizo la identificación de la presencia de metales pesados en la evaluación de las medidas correctivas en las aguas del río Moche-La Libertad. Según la **Figura 5**, solo la población en un 48.3 % conoce sobre la contaminación que existe en la cuenca del río Moche. Además, en la **Figura 1 y 2**, los metales pesados presentes en esta cuenca son Cobre (Cu), Plomo (Pb), Hierro (Fe), Cadmio (Cd), Zinc (Zn) y Magnesio (Mg). Por lo cual, exponerse a estos metales resultan altamente nocivo para humanos, flora y fauna; mientras que en un 41.4% de la población desconocen de la contaminación.

Asimismo, se coincidió con el investigador Chung (2008) que los contaminantes principales son los metales pesados y tóxicos como plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cobre, zinc, cromo, vanadio, tungsteno, molibdeno, hierro, manganeso, cianuros, etc. En esta ocasión, la zona de estudio presenta Cu, Pb, Fe, Cd, Zn y Mg; y como lo indica son tóxicos y nocivos para los organismos que se encuentren expuestos de forma directa o indirecta.

Por otra parte, se describió las ventajas y desventajas de las medidas correctivas implementadas para mitigar la contaminación del agua producto de relaves minero; por ello, se estudió los pros y contras de los tratamientos para la elaboración de un plan frente a un imprevisto; asimismo, son cuatro medidas correctivas estudiadas. Según la **Tabla 11**, las ventajas evidenciadas son la reducción de los metales, mejoramiento de ambientes contaminados, si son económicamente viables de los métodos más conocidos para la remediación de ambientes contaminación por relaves mineros. Por otra parte, las desventajas son los procesos de incompleta adaptación de microorganismos, el previo análisis de resistencia

de los metales pesados en los relaves y el traslado de plantas de otros ecosistemas.

Por lo anterior, se concordó con Muñoz et al., (2019), que el índice de tolerancia a metales pesados calculando el uso de medio salino suplementado con 1 mM a plomo (II), cobre (II), níquel (II) o zinc (II), y 0.1 mM a plata (I), cromo (VI) o cadmio (II); además es factible la aplicación de sistemas microbianos para la biorecuperación y bioprocesos de metales pesados presentes en el agua. Por lo que, con este estudio se evidencia que el tratamiento de microorganismos; como biorremediación que presenta un gran índice recuperación de ambientes contaminados por metales pesados.

Posteriormente, se analizó y selecciono la medida correctiva más eficaz para mitigar el impacto negativo de la contaminación de la cuenca del río Moche; donde, se evidenció que las cuatro medidas correctivas son altamente eficaces; a su vez, son dos medidas con el que se puede mitigar la contaminación del río Moche como lo es la elaboración de ladrillos y fitorremediación. Según la **Tabla 11**, se analizó la elaboración de ladrillos, donde se emplearía todos los metales pesados presente en los minerales pesados; pero para la aplicación se debe desarrollar una evaluación de resistencias; además, de usar otros materiales. Por otro lado, en la fitorremediación según la **Tabla 7**, se estudia las especies de vegetación tolerantes a los metales pesados, que están presentes en región de La Libertad como lo son *Juncus arcticus* y *Urtica dioica*; y a su vez su nivel de tolerancia a los metales pesados.

Por tanto, la medida correctiva más apropiada es la fitorremediación ya que tiene mejores resultados; además, no solo se mitiga los metales pesados; sino que, se contribuye con la ecología del ambiente; por ello, en la **Figura 11** la población opino que sería la mejor alternativa con un 32% siendo seguido por la construcción de ladrillos por un 26%.

En concordancia Meza & Mamani (2020) sobre la elaboración de ladrillos, donde se requiere los valores de 17.29% de  $Al_2O_3$ (óxido de aluminio), 66.77% de  $SiO_2$ (óxido de silicio), 5.30% de  $K_2O$  (óxido de potasio), 3.89% de  $CaO$  (óxido de calcio), 5.86% de  $Fe_2O_3$ (óxido de

hierro) y 1.07% de S(azufre); y se debe realizar un análisis de resistencia de materiales; y complementarlo con otros insumos.

Y también, con el artículo de Paredes (2015); donde, se obtuvo una mayor remoción de Cu usando todas las especies evaluadas, siendo *P. racemosa* con la que se tuvo (90.15%), porcentaje de remoción; también fue la que logró mayor remoción de Sb (80.14%), As (54.62%), Ag (50.65%) y Pb (71.21%). Además, para el Cd fue el Eucalipto la especie con la que se obtuvo el mayor porcentaje de remoción (50.05%). Agregando a lo anterior, la mejor alternativa es la fitorremediación, puesto que las especies de flora está presente en la zona de estudio; por lo cual, es más rentable. A diferencia de la de los ladrillos que se debe ejecutar un previo análisis de resistencia del lodo de los metales.

Finalmente, se tuvo como inconveniente para la realización de esta investigación un exceso de información sobre las consecuencias de la contaminación del agua por relaves mineros; y detalle muy escaso sobre las alternativas correctivas aplicadas en Perú. Sin embargo, este trabajo de investigación que se ha realizado servirá para que los futuros estudiantes puedan utilizarlo como información para sus tareas y/o como antecedente para sus trabajos de investigación.

## **Conclusiones**

La identificación de la presencia de metales pesados en las aguas del río Moche-La Libertad; se identificó que de la población solo el 48.3 % conoce sobre la contaminación de esta cuenca y determinó que los metales pesados presentes en la cuenca son 23% Cobre (Cu), 1% Plomo (Pb), 11% Hierro (Fe), 15% Cadmio (Cd), 61% Zinc (Zn) y 89% Manganeseo (Mg) IMARPE (2020). Por lo que, es importante la adaptación de estrategias para la información a la población que desconoce de la contaminación del agua del río Moche por la presencia de metales pesados producto de los descubrimientos de los relaves mineros en la provincia de Quiruvilca. Por consecuencia, se recomienda el uso de las redes sociales, canales de televisión,

periódicos, emisoras o infografías para compartir a la población la información sobre la contaminación del agua y los niveles de metales presentes en la cuenca.

Por consiguiente, la descripción de las ventajas y desventajas de las medidas correctivas analizadas se determinó que contribuyen en la reducción de los metales en 1 mM de plomo, cobre, níquel o zinc, y 0.1 mM de plata, cromo o cadmio (Muñoz et al.,2019); además, mejoran los ambientes contaminados y son económicamente viables. Sin embargo, hay que tener en consideración las limitaciones de las medidas como es el traslado de plantas y microorganismos, la adaptación al nuevo ecosistema y el análisis de resistencia. Por ello, se recomienda que para las futuras investigaciones que estudien los pros y contras de cada medida para la selección tenga mejores beneficios; y a su vez, se tenga estrategias ante algún contratiempo.

De acuerdo, con el análisis y selección de la medida correctiva para la mitigación de la contaminación de la cuenca del río Moche, se seleccionó de las cuatro medidas estudiadas la fitorremediación con un 32%; seguido de la elaboración de ladrillos con un 26%; puesto que, tuvieron mayor aprobación de la población. Sin embargo, para la aplicación de la fitorremediación es necesario conocer el ecosistema de las especies de plantas. Por esta razón, se recomienda la investigación de las zonas; donde estas especies están presentes en la región La Libertad para recrear el ambiente y darle el cuidado necesario; ya que esto hará más fácil su utilización, adaptación y mejores resultados en beneficio de la población y medio ambiente.

## REFERENCIAS

- ANA-MOCHE-VIRU-CHAO. (2021). *informe N°03-2021-GRLL-GGR/GRS-SGPGT-SA-SB-DRCC*.
- Aranda, A. (2017). *Contaminación del agua en la protección del ambiente y a la salud en el distrito de Hualgayoc – departamento de Cajamarca 2015*. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/11455>
- Asunción, M., & Rosas, A. (2020). *Remediación de aguas residuales producto de la minería subterránea. Una revisión sistemática entre los años 2010-2020*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2020). *ANA contribuye en informe sobre riesgo inminente ante contaminación de aguas de Río Moche*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/ana/noticias/321843-ana-contribuye-en-informe-sobre-riesgo-inminente-ante-contaminacion-de-aguas-de-rio-moche>
- Ayala, R. (2018). *Influencia de la dosificación de cal en el Tratamiento de las Aguas Ácidas de la Quebrada mesa de Plata Hualgayoc –2018*. Cajamarca, Perú. Recuperado el 20 de abril de 2021
- Bebbington, A., & Williams, M. (2008). Agua y Minería: Conflictos en el Perú. *Mountain Reseach and Development*, 28(3), 190-195. doi:10.1659/mrd.1039
- Benites, R., & Leiva, Y. (2015). *MEDICIÓN DE LAS PROPIEDADES GEOQUÍMICAS Y MECÁNICAS DEL PASIVO AMBIENTAL RELAVE MINA PAREDONES PARA SU PROPUESTA DE UTILIZACIÓN COMO RELLENO EN PASTA PARA LABORES MINERAS SUBTERRÁNEAS – CAJAMARCA – SETIEMBRE 2015*.
- Chilon, J. (2019). *Tratamiento de drenaje ácido de mina, por Electrólisis para la remoción de plomo, Hualgayoc – Cajamarca, 2019*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23867/Ter%c3%a1n%20Chilon%20Jos%c3%a9%20Abel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Choque, A. (2019). *Efectos tóxicos de metales pesados sobre la flora, fauna y la salud humana en el Perú*. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12986/Choque\\_Josec\\_Adolfo\\_Hermogones.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12986/Choque_Josec_Adolfo_Hermogones.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Chung, B. (2008). CONTROL DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS EN EL PERÚ. *Peru Med Exp Salud Publica*, 413-418.
- CooperAcción. (20 de septiembre de 2018). *Quiruvilca: crónica de un desastre ambiental anunciado*.  
Obtenido de [https://cooperaccion.org.pe/cronica-de-un-desastre-ambiental-anunciado/#:~:text=La%20unidad%20minera%20Quiruvilca%20es,1995%20hasta%20el%202012%20\(Chiguala%2C](https://cooperaccion.org.pe/cronica-de-un-desastre-ambiental-anunciado/#:~:text=La%20unidad%20minera%20Quiruvilca%20es,1995%20hasta%20el%202012%20(Chiguala%2C)
- El Peruano. (22 de octubre de 1825). *Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario*. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/norm>
- Escobar, A., & Ocas, S. (2016). “*ELECTORREMEDIACIÓN EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE CORRIENTE Y LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO, COMO ALTERNATIVA PARA LA DISMINUCIÓN DE PLOMO EN RELAVES MINEROS - MINA PAREDONES, CAJAMARCA, 2016*.”
- García, M., & Vásquez, M. (2020). *IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES VEGETALES CON POTENCIAL PARA LA REMEDIACIÓN DE SUELOS PROVENIENTES DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS*.
- Gonzales, G., Zevallos, A., Gonzales, C., Nuñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., . . . & Steenland, K. (2014). Contaminación Ambiental, Variabilidad Climática y cambios Climáticos: Una revisión del impacto en la salud de la población. *Peru Med Exp Salud Publica*, 547-556.
- Huaranga, F., Méndez, E., Quilcat, V., & Huaranga, F. (2012). Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad. *Scientia Agropecuaria*, 3, 235 - 247.  
Obtenido de [www.sci-agropecu.unitru.edu.pe](http://www.sci-agropecu.unitru.edu.pe)
- IMARPE. (2020). *Informe sobre la afectación de la contaminación en las playas de Huanchaco por el Río Moche*.
- Mejía, E. (2005). *Técnicas e instrumentos de investigación*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.  
Obtenido de <http://online.aliat.edu.mx/adistancia/InvCuantitativa/LecturasU6/tecnicas.pdf>
- Meza, J., & Mamani, W. (2020). *Estudio de los Relaves Mineros para la elaboración de ladrillos eco*

*amigables*. Cajamarca, Perú. Recuperado el 20 de abril de 2021

Ministerio de Energía y Minas. (2010). Cuenca del río Mantaro. *Environmental Group*, 1-17.

Montenegro, J., & Zhindón, M. (2014). “*DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD APLICADO A LA COAC. JARDÍN AZUAYO*”. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21642/1/TESIS.pdf>

Moreira, A., Mirandola, P., Luiz, A., Salinas, E., & José de Oliveira, I. (2018). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. *Colombiana de Geografía*, 69-85. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v29n1/2256-5442-rcdg-29-01-69.pdf>

Muñoz, L., Olivera, P., Santillán, M., & Tamariz, C. (2019). Microorganismos tolerantes a metales pesados del pasivo minero Santa Rosa, Jangas (Perú). *Peruana de biología*, 26(1), 109-118. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v26n1/a13v26n1.pdf>

Núñez, M., Benites, E., & Zevallos, M. (2014). Evaluación de la calidad del agua asociado al drenaje ácido de mina (DAM), en el río Yauli en época de estiaje distrito de Yauli – Junín, 2013. *UCV - Scienti*, 25-30.

Palacios, E., & Ramos, L. (2020). *Gestión Integrada del Recurso Hídrico para la Recuperación de la Calidad del Agua en la Laguna Piás, Pataz - 2020*. Trujillo, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11537/23956>

Paredes, J. (2015). Evaluación de la aplicabilidad de especies forestales de la serranía peruana en fitorremediación de relaves mineros. *ECIPerú*, 11(2), 83-87. Obtenido de <https://revistaeciperu.com/wp-content/uploads/2018/12/20140013.pdf>

Pozo, J., Puente, I., Lagüela, S., & Veiga, M. (2017). *Tratamiento microbiano de aguas ácidas resultantes de la actividad minera: una revisión*.

Quecedo, C., & Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista Psicodidáctica*, 5-39. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/175/17501402.pdf>

Quiliche, I., & Saldaña, Y. (2020). *Influencia de la Typha angustifolia y el tiempo de adsorción sobre el pH y remoción de Cu- Fe en el drenaje ácido de un pasivo ambiental en Hualgayoc 2019*.

Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación*. Lima: Universidad



Ricardo Palma. Obtenido de <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>

*Anexo I. MATRIZ DE CONSISTENCIA*

<b>TITULO:</b> “Análisis de la Influencia de las medidas correctivas ante la contaminación del agua por relaves mineros para reducir el impacto negativo en la cuenca del río Moche, La Libertad 2020”					
<b>PROBLEMA</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>POBLACIÓN</b>
¿Cómo influyen de las medidas correctivas de relaves mineros para reducir el impacto negativo en la cuenca del río Moche, La Libertad 2020?		<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Analizar la Influencia de las medidas correctivas ante la contaminación del agua por relaves mineros se logrará reducir el impacto negativo en la cuenca del río Moche</p> <p><b>OBJETIVO ESPECIFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir las ventajas y desventajas de las medidas correctivas implementadas para mitigar la contaminación del agua producto de relaves minero.</li> <li>• Identificar la presencia de metales pesados en la evaluación de las medidas correctivas en las aguas del río Moche-La Libertad.</li> <li>• Plantear la medida correctiva más eficaz para mitigar el impacto negativo de la contaminación de la cuenca del río Moche.</li> </ul>	<p><b>VARIABLE 1</b></p> <p>Medidas correctivas</p> <p><b>VARIABLE 2</b></p> <p>Contaminación del agua por relaves mineros</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Tipo cualitativo</p> <p><b>DISEÑO</b></p> <p>Descriptivo-No experimental.</p> <p><b>TÉCNICA</b></p> <p>Se empleará para la recolección de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El análisis documental.</li> <li>• La encuesta.</li> </ul> <p><b>INSTRUMENTOS</b></p> <p>Se usará:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de análisis documental.</li> <li>• Cuestionario.</li> </ul>	<p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>Las aguas de la cuenca del río Moche, desde la provincia de Quiruvilca hasta el Océano Pacífico.</p> <p><b>MUESTRA</b></p> <p>Las aguas del Litoral Costero de Huanchaco-Trujillo.</p>

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TITULO: “Análisis de la Influencia de las medidas correctivas ante la contaminación del agua por relaves mineros para reducir el impacto negativo en la cuenca del río Moche, La Libertad 2020”				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
<b>VARIABLE 1</b> Medidas correctivas	Es el procedimiento empleadas para solucionar deferentes problemáticas (Montenegro & Zhindón, 2014).	Los instrumentos que se usará para la obtención de datos se harán a través de la guía de análisis documental, guía de entrevista y un cuestionario.	Revisión de medidas correctivas Construcción de ladrillos de relaves mineros. Sistemas microbianos para la biorecuperación y bioprocesos de metales en relaves mineros Tratamiento de la fitorremediación para relaves mineros	Calidad de medidas correctivas Resistencia de los ladrillos de relaves mineros Niveles de inmunidad a los metales pesados Porcentaje de tolerancia de metales pesados.
<b>VARIABLE 2</b> Contaminación del agua por relaves mineros	“La contaminación del agua es la presencia excesiva de sustancias venenosas, por lo que afecta la calidad al disminuir el oxígeno en putrefacción” (Palacios & Ramos, 2020)	Los instrumentos que se usará para la obtención de datos se harán a través de la guía de análisis documental, guía de entrevista y un cuestionario.	Metales pesados presentes en el agua Consecuencias de ingerir agua contaminada	Análisis Físico- Químico (As, Al, Pb, Cd, Cu, Fe, Zn) Niveles de afectación de Flora, fauna y seres humanos.

Fuente: Elaboración propia

*Anexo 3*

*GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL*

---

<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>	<b>AUTOR</b>	<b>AÑO</b>	<b>DEFINICIONES</b>	<b>APORTES PARA LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>	<b>REFERENCIA EN APA</b>
-----------------------------	--------------	------------	---------------------	--------------------------------------	--------------------------	--------------------------

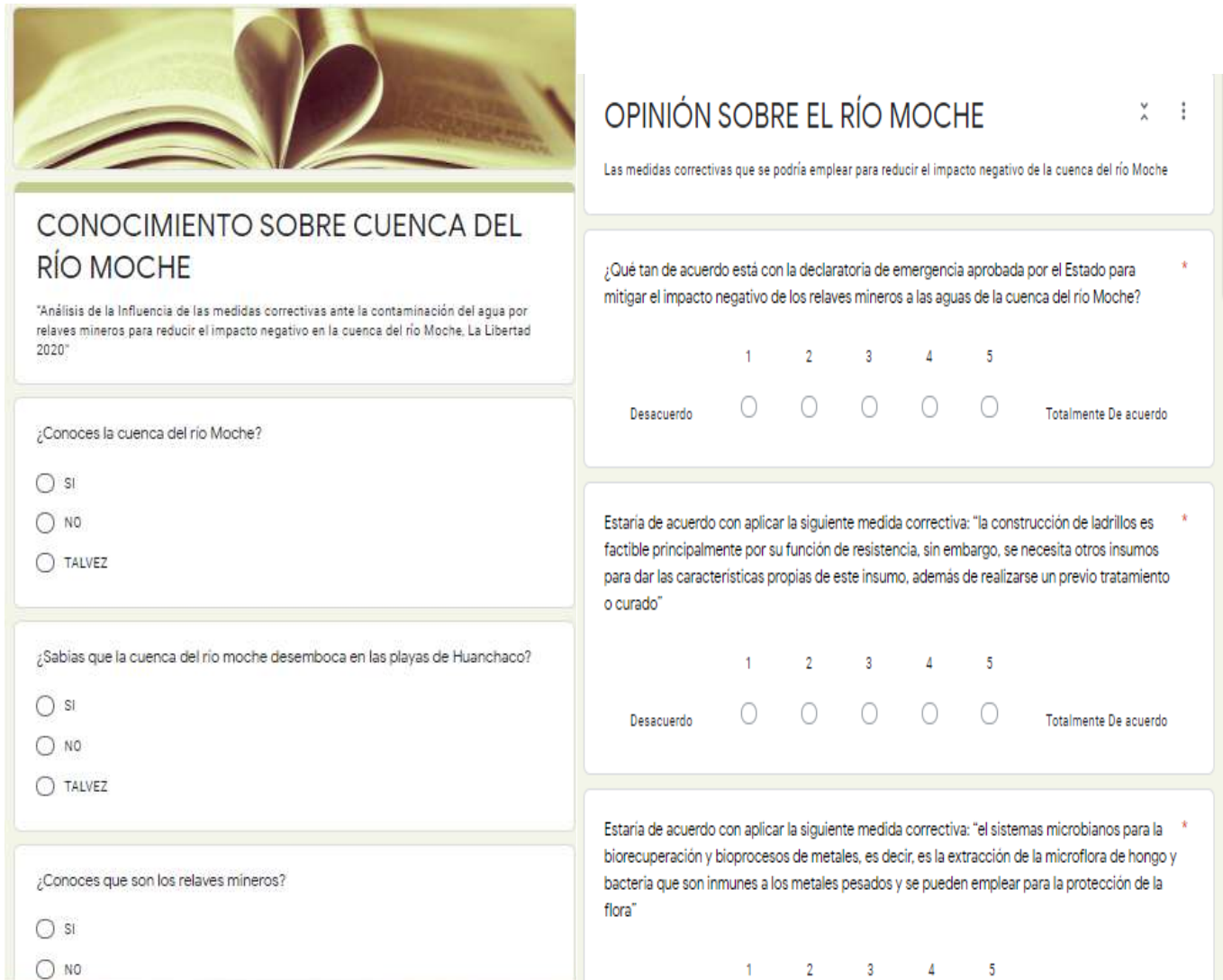
---

---

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 4.**

*CUESTIONARIO*



The image shows a digital questionnaire interface. On the left, there is a preview of the form with a header image of an open book. The main title is 'OPINIÓN SOBRE EL RÍO MOCHE'. Below the title, there is a subtitle: 'Las medidas correctivas que se podría emplear para reducir el impacto negativo de la cuenca del río Moche'. The questionnaire contains several questions with radio button options and a 5-point Likert scale. The questions are: 1. '¿Sabías que la cuenca del río moche desemboca en las playas de Huanchaco?' with options SI, NO, and TALVEZ. 2. '¿Sabías que son los relaves mineros?' with options SI and NO. 3. '¿Qué tan de acuerdo está con la declaratoria de emergencia aprobada por el Estado para mitigar el impacto negativo de los relaves mineros a las aguas de la cuenca del río Moche?' with a 5-point scale from 'Desacuerdo' to 'Totalmente De acuerdo'. 4. 'Estaría de acuerdo con aplicar la siguiente medida correctiva: "la construcción de ladrillos es factible principalmente por su función de resistencia, sin embargo, se necesita otros insumos para dar las características propias de este insumo, además de realizarse un previo tratamiento o curado"' with a 5-point scale. 5. 'Estaría de acuerdo con aplicar la siguiente medida correctiva: "el sistemas microbianos para la biorecuperación y bioprocesos de metales, es decir, es la extracción de la microflora de hongo y bacteria que son inmunes a los metales pesados y se pueden emplear para la protección de la flora"' with a 5-point scale.

**Nota:** Link de acceso-

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSewbFlRm\\_1TQA7TICWT4YiZKLC2Fp40MSSOEbVcgaCr7jtkbg/vi  
ewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSewbFlRm_1TQA7TICWT4YiZKLC2Fp40MSSOEbVcgaCr7jtkbg/viewform?usp=sf_link)

*Fuente: Elaboración propia*

**MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS**

<b>Título de la investigación:</b>	"Análisis de la influencia de las medidas correctivas ante la contaminación del agua por relaves mineros para reducir el impacto negativo en la cuenca del río Moche, La Libertad 2020"
<b>Línea de investigación:</b>	Salud Pública y Poblaciones vulnerables
<b>Apellidos y nombres del experto:</b>	Castro Zavaleta, Liliana
<b>El instrumento de medición pertenece a la variable:</b>	Medidas correctivas

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?		X	Parcialmente
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:

Firma del experto:



Liliana Castro Zavaleta  
ING. DE MINAS  
R. CIR 140253

Mg. Ing.

**MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS**

Título de la investigación:	"Análisis de la influencia de las medidas correctivas ante la contaminación del agua por relaves mineros para reducir el impacto negativo en la cuenca del río Moche, La Libertad 2020"		
Línea de investigación:	Salud Pública y Poblaciones vulnerables		
Apellidos y nombres del experto:	Vilca Pérez, Jesús Gabriel		
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Medidas correctivas		

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.


Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:

Firma del experto:



Jesús Gabriel Vilca Pérez  
ING. DE MINAS  
N° CIP: N° 189681

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	"Análisis de la influencia de las medidas correctivas ante la contaminación del agua por relaves mineros para reducir el impacto negativo en la cuenca del río Moche, La Libertad 2020"			
Línea de investigación:	Salud Pública y Poblaciones vulnerables			
Apellidos y nombres del experto:	PALACIOS POLO JOSE LUIS			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Medidas correctivas			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas?	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
Sugerencias:				
Firma del experto:				
 José L. Palacios Polo ING. MECÁNICO R. CIP. 142657      DNI: 19021654				



Anexo 5.

GÉNEROS EMPLEADOS PARA REDUCIR EL AZUFRE EN LOS AMD

Fila	Clase	Género
<b>Bacterias</b>		
<b>Proteobacteria</b>	Alphaproteobacteria	<i>Devosia/Pedomicrobium/Hyphomicrobium</i> <i>Nitrobacter</i> <i>Rhizobium</i> <i>Sphingomonas</i>
	Betaproteobacteria	<i>Thiobacillus</i> <i>Albidiferax</i>
	Gammaproteobacteria	<i>Enterobacter</i>
	Deltaproteobacteria	<i>Desulfobacterium</i> <i>Desulfobulbus</i> <i>Desulfomicrobium</i> <i>Desulfovidrio</i> <i>Geobacter</i>
	<b>Firmicutes</b>	Clostridia
<b>Actinobacteria</b>	Actinobacteria	<i>Cellulomonas</i>
<b>Bacteroidetes</b>	Bacteroidia	<i>Bateroides</i> <i>Paludibacter</i>
<b>Chloroflexi</b>	Anaerolineae	<i>Longilinea</i>
<b>Spirochaetes</b>	Spirochaetes	<i>Spirochaeta</i>
<b>Acidobacteria</b>	Acidobacteria	<i>Acidobacterium</i>
<b>Archaea</b>		
<b>Euryarchaeota</b>	Methanobacteria	<i>Methanobacterium</i>
	Methanomicrobia	<i>Methanobrevibacter</i> <i>Methanospirillum</i> <i>Methanosacta</i> <i>Methanosarcina</i>
		<i>Thermocladium</i>
	<b>Crenarchaeota</b>	Thermoprotei

Fuente: ( Pozo, Puente, Lagüela, & Veiga, 2017)