



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“PROPUESTA DE GENERACIÓN DE BIOSÓLIDOS
CON AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE
LA MINA DE CARBÓN PIÑIPATA PARA SU USO
EN LA AGRICULTURA EN LA PROVINCIA DE
HUALGAYOC, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autores:

Jose Oswaldo Bardales Gonzales
Deisy Mariela Cruzado Villanueva

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Alvarez León

Cajamarca - Perú

2022

DEDICATORIA

A mis padres Silvestre Bardales Díaz y Rosaura Gonzales Ocas por haberme dado la oportunidad de seguir con mis estudios y haber demostrado que a pesar de las circunstancias se puede lograr lo que uno se propone, además de ser el pilar fundamental de mi vida, también dedico a mis hermanos Roger y Dalenny por haber estado ahí cuando más lo necesitaba.

José Bardales

A mis padres Santos Cruzado Rojas y Ángela Villanueva Iturbe quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de perseverancia, humildad y sacrificio, porque fomentaron en mí el deseo de superación y triunfo en la vida.

A mis hermanos Maribel, Luis y Eddy por llenarme de alegrías día tras día, por todos sus consejos brindados y su amor incondicional. Todos en conjunto me hicieron ver, que sin importar cuanto tiempo me tome, todo se puede cuando en verdad se quiere.

Deisy Cruzado

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Silvestre Bardales Díaz y Rosaura Gonzales Ocas por haber sido el soporte económico para lograr esta meta y haber implementado en mí los valores éticos de la vida, también agradezco a todos mis docentes de la Universidad Privada del Norte por haberme otorgado sus conocimientos para ser un buen profesional.

José Bardales

Agradecer a Dios por permitirme llegar hasta aquí, a mis padres por haberme proporcionado la mejor educación, por enseñarme a ser perseverante y nunca rendirme, por brindarme su cariño y comprensión. Mi agradecimiento eterno a la Universidad que nos dio la oportunidad de llevar a cabo nuestros estudios en sus instalaciones, y a nuestros maestros que fueron los portadores a nuestra formación.

Deisy Cruzado

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	19
CAPÍTULO III. RESULTADOS	26
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS	36
ANEXOS	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	27
Tabla 2	27
Tabla 3	29
Tabla 4	30
Tabla 5	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	20
Figura 2	21
Figura 3	23
Figura 4	24
Figura 5	24
Figura 6	27
Figura 7	29
Figura 8	35
Figura 9	39
Figura 10	41

RESUMEN

La tesis que se presenta a continuación tiene como objetivo principal realizar una propuesta de generación de biosólidos mediante el tratamiento de aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata para su posterior uso en la agricultura de la provincia de Hualgayoc y alrededores, tomando en cuenta la actualización en materia ambiental de la legislación peruana mediante el diario “El Peruano” que promulgo la RM-024-2017. Inicialmente se determinó las características físico-químicas de las aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata, los resultados del análisis de laboratorio identificaron un alto contenido de hierro y aluminio en comparación con los otros metales en las 2 muestras analizadas, en la muestra 1 con una concentración de 0.044 mg/L y 0.045 mg/L respectivamente y en la muestra 2 con una concentración de 2.253 mg/L y 2.121 mg/L respectivamente. De la misma forma se determinó las características físico-químicas de los biosólidos generados por las aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata, ya que las muestras no presentan alto contenido de metales y mediante el sistema de tratamiento se logró reducir la concentración en valores mínimos, los lodos obtenidos muestran un nivel de toxicidad por debajo del límite establecido en la normativa para biosólidos de clase A y B.

Palabras clave: Agua residual, biosólidos, mina de carbón, tratamiento de agua.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

I.1. Realidad problemática

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal realizar una propuesta de generación de biosólidos mediante el tratamiento de aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata para su posterior uso en la agricultura de la provincia de Hualgayoc y alrededores, tomando en cuenta la actualización en materia ambiental de la legislación peruana mediante el diario “El Peruano” que promulgo la RM-024-2017 “Normativa para reaprovechamiento de biosólidos provenientes de plantas de tratamiento de agua residual”, la cual especifica los parámetros que deben cumplir los lodos residuales para poder entrar a un proceso de aprovechamiento y ser denominados “biosólidos”. Esto como una alternativa para implementar procedimientos que permitan mejorar la situación actual de la industria minera que tiene el reto de hacer sus operaciones más sustentables, es decir, busca garantizar un nivel de rentabilidad económica aceptable, minimizar su impacto ambiental y brindar calidad de vida a los trabajadores y pobladores de su zona de influencia.

Las aguas residuales que se generan durante el proceso de extracción de carbón provienen de las aguas subterráneas, del agua utilizada para el control del polvo, y de las aguas pluviales que entran en las minas. También se producen aguas residuales durante el proceso de preparación del carbón y su clasificación, y a partir de las aguas pluviales contaminadas en las instalaciones de almacenamiento. A pesar que existen procedimientos para el tratamiento de aguas residuales de origen minero, como la neutralización y precipitación de cal, la floculación y asentamiento, y la filtración por membrana, son procedimientos que no se utilizan en gran parte de las minas de

Piñipata vertiéndose las aguas residuales a los afluentes de la zona, sin el debido tratamiento o realizado solo de forma parcial.

Esta realidad se evidencia en las minas de Carbón de Piñipata, ubicadas en la provincia de Hualgayoc, en la región de Cajamarca al norte del Perú, zona en la cual existen importantes yacimientos carboníferos con una producción de 1830 toneladas en el año 2019 y donde predomina la minería artesanal. En efecto, los obreros extraen el carbón de las minas utilizando maquinarias y equipos rudimentarios, eliminando el material de desecho mediante el lavado y la concentración del mismo lo cual perjudica a todos los ecosistemas presentes en la zona, generando daño ambiental a gran escala (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

Se requieren métodos de tratamiento de aguas residuales de minas más eficientes y rentables, que ayuden a maximizar la cantidad de agua reutilizada para propósitos alternativos. En este marco, los biosólidos se conceptualizan como materiales orgánicos ricos en nutrientes que resultan del tratamiento de las aguas residuales en una instalación de tratamiento. Cuando se tratan y procesan, estos residuos pueden reciclarse y aplicarse como fertilizante para mejorar y mantener los suelos productivos y estimular el crecimiento de las plantas, mejorando así la producción agrícola.

Las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. Dentro de su clasificación tenemos las Aguas residuales

Industriales, son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA, 2014).

Los depósitos de carbón en el Perú se han formado en cuencas continentales que pertenecen al Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, presentando condiciones particulares durante su deposición. Su distribución actual ocupa franjas de la configuración general del territorio, el mismo que ha sido dividido en unidades morfo estructurales definidas, y orientadas en forma subparalela al borde continental: Cordillera de la Costa, Llanuras Pre-andinas, Cordillera Occidental, Franja de Volcanes, Franja Interandina, Cordillera Oriental, Franja Subandina y el Llano Amazónico. En la cuenca Cajamarca se encuentra el sector Piñipata-Tuco, el cual se localiza en el caserío de Tallamac, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Se reportan S capas de carbón de 0,8 a 2,4 m en la Formación Chimú, con rumbo general NO-SE y buzamientos de 10°- 15050 aflorando unos 10 km. Los carbones presentan bajo contenido de cenizas 7-12 %, bajas materias volátiles 4-8 %, alto carbono fijo 74- 85 %, bajo azufre 0.6- 1.2 % y poder calorífico de 6400-7600 Kcal/kg, son de rango antracítico (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, 2000).

Párraga (2016), en su trabajo de investigación “Biosólidos provenientes de aguas residuales de una procesadora de pescado aplicados al cultivo de maíz (*Zea mayz* var INIAP-528) en la provincia de “Manabí” cuyo objetivo fue determinar el efecto de

lodos residuales estabilizados, sobre las principales variables fenotípicas y el rendimiento de la variedad de maíz blanco INIAP 528, para contribuir al uso de los lodos residuales como un fertilizante natural alternativo en la agricultura. El experimento se efectuó en la comunidad Maconta del cantón Portoviejo. Se emplearon cinco tratamientos que fueron los siguientes: 100% Urea + 0% Biosólido, 70% Urea+30% Biosólidos, 30% Urea + 70% Biosólido, 0% Urea + 100% Biosólido, y el Testigo Absoluto sin Biosólido y sin Urea. Los datos se analizaron mediante el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. El análisis químico determinó la presencia de materia orgánica, macro y micro elementos en concentraciones adecuadas. La presencia de metales pesados, Cadmio, Plomo y Mercurio, estuvo en concentraciones que no rebasaron los límites permisibles de la EPA (Environmental Protection Agency). Finalmente, que el uso de Biosólido en el campo agrícola, puede ser una alternativa de gestión al problema ambiental que genera la inadecuada disposición de los lodos residuales.

Según Huanqui (2018), en su trabajo de investigación “Aprovechamiento de biosólidos provenientes de una planta de tratamiento de agua residual en una unidad operativa minera”, su objetivo era aprovechar los biosólidos provenientes de la planta de tratamiento. Para lograr este aprovechamiento se analizó el lodo residual, el cual no cumplió con la normativa excediendo los parámetros de E. Coli y sólidos volátiles. Por ello se aplicó un tratamiento térmico mediante el diseño y construcción de un horno de secado térmico con capacidad de tratamiento de 300 Kg Lodo/d. Posterior a ello se realizaron pruebas de tratamiento, determinándose que a temperaturas de 200°C por 1.5 horas, donde el biosólido obtenido cumplió los requerimientos de la normativa para ser considerado de clase “A”. Finalmente se realizaron pruebas de eficiencia como

suplemento para suelos mediante el uso de un Diseño Completamente Randomizado (DCR), y con la especie *Zea mays* L., empleando: biosólido, compost y tierra de cultivo en diferentes concentraciones. Concluyéndose que en una concentración de B3 (25 % biosólidos + 75 % Tierra de cultivo) el biosólidos genera el mayor crecimiento tanto de raíz y tallo.

Sasakawa, Dang, Tran & Narbaitz (2018) quienes realizaron una investigación denominada “Tratamiento y reutilización de las aguas residuales de las minas de carbón en Vietnam: aplicación de la microfiltración” se plantearon como objetivo añadir membranas de microfiltración (MF) después del tratamiento convencional (coagulación/sedimentación/filtración) de aguas residuales de las minas de carbón para evaluar la viabilidad de la reutilización de los efluentes, para lo cual, se desarrolló prueba a escala piloto en una planta de minas de carbón situada en Quang Provincia de Ninh. Los resultados indican que las precipitaciones con cal apagada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y el cloruro de poli aluminio (PAC 1) seguido de la filtración de arena son relevantes pasos de pretratamiento, antes de la microfiltración, para conseguir una alta remoción de Mn, la arena del filtro tuvo que ser reemplazada por un KMnO_4 arena revestida, mientras que la membrana MF produjo un efluente estable y de alta calidad que cumple con el reglamento para la calidad del agua potable ($\text{Fe} < 0,5 \text{ mg/L}$, $\text{Mn} < 0,3 \text{ mg/L}$, dureza $< 350 \text{ mg/L}$ como CaCO_3). La recuperación completa de la membrana se logró mediante una secuencia de 24 empapados en NaOCl , ácido cítrico y un surfactante.

Según Vásquez y Vargas (2018) en su trabajo de investigación titulado “Aprovechamiento de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales del

municipio de Funza, como insumo de cultivo y mejoramiento del suelo” tuvieron como objetivo diseñar una alternativa para el manejo y aprovechamiento de lodos generados del tratamiento de aguas residuales. La metodología se basó en hacer una comparación de los nutrientes y características de un cultivo de zanahoria y lechuga en condiciones normales, y un cultivo de estas hortalizas manejando como subproducto el lodo obtenido del proceso de tratamiento de aguas residuales. Los resultados evidenciaron que el contenido y composición de materia orgánica en el lodo evaluado, arrojó resultados positivos para su uso para el mejoramiento del suelo debido que contrarresta los efectos nocivos de la salinidad, aumenta la actividad de los microorganismos originarios del suelo, permitiendo una correcta mineralización de los nutrientes del lodo que van a quedar disponibles para la realización de cultivos. En tal sentido, el lodo es la mejor opción, como insumo para cultivo de hortalizas.

Es importante traer a colación la investigación de Onofre (2018) denominada “Propuesta técnica de gestión ambiental sostenible para el aprovechamiento de lodos que provienen de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en campamentos mineros del Perú”, en la cual se planteó como objetivo estudiar el manejo de lodos de las plantas de tratamientos de aguas residuales domésticas de las empresas mineras del Perú, para lo cual se analizó los fundamentos técnicos, teóricos, y la experiencia de tratamientos de lodos en otros países; como España, Colombia Chile, EEUU, y Brasil. Los resultados destacaron que muchas empresas de la minería aprovechan que hay vacíos legales para no hacer las plantas de tratamiento de aguas residuales, por lo tanto, muchas solo llegan a cumplir con el tratamiento primario y escasas con el tratamiento de nivel secundario; llegando a

disponer los lodos en las presas de relaves o como se haya aprobado en su Instrumento de Gestión Ambiental; por ende están dirigidas solo a cubrir los lodos y alejarlos del olfato humano, causando daños al ecosistema y perdiéndola posibilidad de aprovechamiento de los mismos.

La especie vegetal *Typha latifolia*, también conocida como espadaña, pertenece a la familia de las Typhaceae, son plantas herbáceas perennes rizomatosas (con tallo subterráneo de varias yemas, que crece de manera horizontal emitiendo raíces y nuevos brotes), con largas hojas verdes y flores de forma de salchicha en su parte apical. Tienen la capacidad de remoción por parte de sus raíces, esto se debe a la capacidad de adsorción y acumulación de los metales a las mismas. En su estado adulto alcanzan alturas entre 3.5–4.0 m. Las plantas de la especie *latifolia* poseen una inflorescencia que no presenta separación entre el polen y el pistilo, mientras que las de la especie *domingensis* presentan un tramo desnudo en el eje entre el polen y el pistilo de entre 1 a 8 cm (Tejeda, 2010).

Los biosólidos son residuos orgánicos sólidos, semisólidos o líquidos que resultan del tratamiento de las aguas residuales procesadas. Por su alto valor nutricional pueden ser usados para la agricultura y jardinería. Su contenido de macro y micronutrientes promueven el crecimiento de las plantas y cultivos. Los biosólidos poseen además un alto valor calorífico lo cual los hace una excelente fuente para el desarrollo de alternativas de combustión con recobro de energía (Tesauro, 2013).

Efectivamente, los biosólidos son ricos en materias orgánicas y nutrientes, y, por lo

tanto, se ha defendido su aplicación para la recuperación de los recursos del suelo, utilizándose en tierras con fines agrícolas y pastos. Comúnmente, los procesos de tratamiento de aguas residuales están diseñados para lograr ciertas reducciones en las concentraciones de nutrientes y algunos químicos orgánicos y el número de microorganismos infecciosos, no obstante, deben ser verificados para sus usos con fines agrícolas.

El efecto beneficioso del uso de biosólidos en la agricultura no se limita sólo a las propiedades químicas de los suelos. Ha sido demostrado por numerosos autores que además de éstas, las propiedades físicas, físico-químicas y biológicas de los suelos también se ven mejoradas con la adición de estos residuos. Los nutrientes contenidos en los biosólidos incrementan la biomasa y el rendimiento de las plantas de cultivos (Borges et al., 2007).

El manejo integral de los biosólidos ha cobrado gran importancia debido a su potencial uso benéfico. La aplicación de éstos en suelos agrícolas (siempre que reúnan los estándares adecuados para aplicarse al terreno) reduce la demanda de fertilizantes inorgánicos, ya que constituyen una fuente de nutrientes para las plantas y mejoran algunas características físicas, químicas y biológicas del suelo. Su uso agrícola ofrece una alternativa económica y ambiental aceptable, y agronómicamente favorable para reciclar componentes importantes como materia orgánica (MO), macro y micronutrientes para los cultivos (Espinoza et al., 2010).

El tratamiento de aguas residuales no solo ayudará para la generación de biosólidos, sino también permitirá reducir la concentración de metales que discurren en un

mismo efluente con las aguas provenientes de las minas de carbón Piñipata, para la obtención de aguas bajo los parámetros de LMP’S (Límites máximos permisibles y ECA’S (Estándares de calidad ambiental).

El agua es el componente principal para el desarrollo de los cultivos y mantenimiento de animales domésticos, es por ello que debemos contar una calidad de agua óptima para el riego y bebida de animales, en cuanto a sus propiedades químicas, físicas y biológicas. Debemos tener en cuenta que la calidad de un agua vendrá fundamentalmente determinada por las sales que en ella se encuentra y dependerá de la naturaleza de estas, así como de sus concentraciones para el desarrollo de la planta sea más o menos adecuada. Las aguas superficiales están expuestas a una amplia gama de factores que pueden alterar la calidad del agua en diferentes niveles de intensidad y de maneras simples o complejas. Los aspectos como el clima, hidrología, geología fisiográfica y la influencia de actividades realizadas por el hombre (en los ámbitos doméstico, industrial, minero, etc.) afectan la calidad física, química y biológica de las aguas destinadas al riego de vegetales y bebida de animales pudiendo generar alteraciones en su desarrollo biológico debido a la concentración de elementos tóxicos contenidos en el agua. La calidad del agua destinada al riego de plantas como frutales, legumbres, cereales entre otros, necesita satisfacer un patrón de calidad. En tal sentido, no debe contener sustancias como el boro y metales pesados que son tóxicos para el suelo y las plantas. En el caso de los vegetales que se consumen en estado crudo, estos deben ser regados con aguas que satisfagan criterios más estrictos especialmente en lo que respecta a los parámetros microbiológicos, porque son muchas las enfermedades causadas por virus, bacterias, protozoarios o gusanos que se transmiten a través de esta vía (DIGESA,

2010).

Al igual que los ECA’S en las descargas de efluentes provenientes de actividades minero – metalúrgicas se realiza el monitoreo de los LMP’S los cuales miden la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que al ser excedidos causan o pueden causar daños a la salud, al bienestar humano y al medio ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Medio Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental (MINAM, 2010).

I.2. Formulación del problema

¿Cuál es la propuesta de generación de biosólidos con aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata para su uso en la agricultura en la provincia de Hualgayoc, 2020?

I.3. Objetivos

I.3.1. Objetivo general

Realizar una propuesta de generación de biosólidos con aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata para su uso en la agricultura en la provincia de Hualgayoc.

I.3.2. Objetivos específicos

Determinar las características físico-químicas de las aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata.

Evaluar el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata.

Analizar el uso de los biosólidos y subproductos de las aguas residuales en la agricultura según la normativa R.M.024-2017.

I.4. Hipótesis

I.4.1. Hipótesis general

La propuesta de generación de biosólidos con aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata es favorable para el uso en la agricultura en la provincia de Hualgayoc, debido a los bajos porcentajes de concentración de metales y otros elementos que estén contenidos en estas aguas, lo que permitirá cumplir los parámetros ambientales de la normativa R.M.024-2017.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente proyecto corresponde a una investigación Aplicada, del tipo Experimental a nivel de laboratorio, debido a que se determinan características físico-químicas de las aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata bajo la normativa R.M.024-2017.

Vargas (2009) nos indica que el tipo de investigación Aplicada es una forma de conocer las realidades con una prueba científica; requiere obligatoriamente de un marco teórico, sobre el cual se basará para generar una solución al problema específico que se quiera resolver, se centra en el análisis y solución de problemas de varias índoles de la vida real, así como también se nutre de avances científicos y se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos.

Según Palella y Martín, (2012) “El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa” (p.86). Así mismo es a nivel de laboratorio, ya que las muestras tomadas en campo se analizaron y procesaron mediante pruebas en laboratorio.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Toda el agua residual proveniente de la mina de carbón Piñipata.

2.2.2. Muestra

100 litros de agua residual proveniente de la mina de carbón Piñipata.

2.2.3. Materiales

Laptops	USB
GPS. - PapelA4.	Lápices y lapiceros.
Depósitos de muestras.	Vasos de muestras.
PH metro	Cintas de pH.
Cámara fotográfica	EPP (casco, lentes, guantes, chaleco, Baldes milimetrados. zapatos de seguridad, bloqueador solar).

Figura SEQ Figura * ARABIC 1

Materiales y equipos utilizados en campo



Fuente: Datos de la investigación, 2020

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación directa

Se realizó la observación directa en campo, para reconocimiento de la zona dónde se evidencia la circulación de aguas residuales provenientes de las minas de carbón Piñipata, las cuales vienen causando daños ambientales y contaminación.

Análisis documental

Se investigaron los antecedentes previos de trabajos de investigación relacionados a la generación de biosólidos a partir de aguas residuales, para lo cual se revisaron los diferentes repositorios de universidades y bibliotecas virtuales, con esta información se establecieron antecedentes que respalden el trabajo de investigación. De igual forma se revisó la normativa para los parámetros de LMP'S y ECA'S, las tablas de parámetros se utilizaron como instrumentos para realizar la comparación con los resultados del análisis de laboratorio.

Figura SEQ Figura * ARABIC 2

LMP'S para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0,8
Arsénico Total	mg/L	0,1	0,08
Cadmio Total	mg/L	0,05	0,04
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,08
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,6
Plomo Total	mg/L	0,2	0,16
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

Fuente: D.S. N°010-2010-MINAM.

Figura SEQ Figura * ARABIC 3

ECA I / Subcategoría A - Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
FÍSICOS- QUÍMICOS		
Aceites y Grasas	mg/L	0,5
Cianuro Total	mg/L	0,07
Cianuro Libre	mg/L	**
Cloruros	mg/L	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15
Conductividad	(μ S/cm)	1 500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3
Dureza	mg/L	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10
Fenoles	mg/L	0,003
Fluoruros	mg/L	1,5
Fósforo Total	mg/L	0,1
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antropico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3
Amoniaco- N	mg/L	1,5
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000
Sulfatos	mg/L	250
Temperatura	°C	Δ 3
Turbiedad	UNT	5
INORGÁNICOS		
Aluminio	mg/L	0,9
Antimonio	mg/L	0,02
Arsénico	mg/L	0,01
Bario	mg/L	0,7
Berilio	mg/L	0,012
Boro	mg/L	2,4
Cadmio	mg/L	0,003
Cobre	mg/L	2
Cromo Total	mg/L	0,05
Hierro	mg/L	0,3
Manganeso	mg/L	0,4
Mercurio	mg/L	0,001
Molibdeno	mg/L	0,07

Fuente: D.S N° 004-2017-MINAM.

Figura SEQ Figura * ARABIC 4

ECA I / Subcategoría A - Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
Níquel	mg/L	0,07
Plomo	mg/L	0,01
Selenio	mg/L	0,04
Uranio	mg/L	0,02
Zinc	mg/L	3

Fuente: D.S N° 004-2017-MINAM.

Los instrumentos de recolección de datos son:

Instrumento 01: Ficha de resultados químicos de la Muestra N°1 y Muestra N°2

Instrumento 02: Ficha de laboratorio regional del agua.

Validación de Datos

Los datos fueron validados por el ingeniero a cargo de algunas áreas de las minas de Piñipata.

2.3.2. Técnicas de Análisis de Datos

Inicialmente se visitó la zona para la recolección de muestras de agua, 100 litros aproximadamente en baldes de plástico para el análisis y pruebas en laboratorio.

Posteriormente en base a los resultados de las muestras analizadas se diseñó un tratamiento para mejorar la calidad de agua y al mismo tiempo la creación de biosólidos para el uso en la agricultura.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Gabinete

Como procedimiento inicial se revisaron antecedentes, estudios previos, realizados respecto al tema, en los diferentes ámbitos, tanto local, nacional como internacional, para lo cual se recurrió a los repositorios virtuales como Scielo, Google Académico, Dialnet y Redalyc.

2.4.2. Campo

Se realizó el reconocimiento en campo de la zona de influencia, en la cual desembocan las aguas residuales provenientes de las minas de carbón Piñipata, en dónde se procedió a las tomas de muestra y lecturas de puntos GPS y PH, para posteriormente ser analizados en laboratorio.

Figura SEQ Figura * ARABIC 5

Toma de muestras y lecturas en campo



Fuente: Datos de la investigación, 2020

2.4.3. Pruebas de laboratorio

Las muestras del agua recolectada se enviaron al «laboratorio de Aguas – Cajamarca» para identificar sus características (PH, % metales, etc.). En base a los resultados se estableció un tratamiento alternativo para obtener agua apta para el consumo agrícola; con los lodos restantes de dicho proceso se pretende elaborar biosólidos también para su uso en la agricultura.

2.4.4. Análisis de datos

Los datos de los análisis de laboratorio y las pruebas del tratamiento alternativo se establecieron haciendo uso de la thypa y fueron procesados mediante el programa Excel, para tener los datos de forma digital y con esto generar la base de datos, gráficos y tablas comparativas que permitieron la correcta interpretación de los resultados.

2.5. Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación se realizará de acuerdo con el formato establecido por la Universidad Privada del Norte, por ello el investigador en primer lugar está sujeto a cumplir la normatividad institucional que rigen una investigación como derechos de autor; en segundo lugar, revelar las fuentes y hallazgos informativos considerados para el presente trabajo; en tercer lugar, brindar información abierta y completa en beneficio de la comunidad científica, cuyos resultados serán mostrados y compartidos para nuevas y futuras investigaciones; en cuarto lugar, presentar un contenido entendible de todo el trabajo, recalando metodología, análisis e interpretación de resultados, este trabajo de investigación no genera un riesgo al medio ambiente. Finalmente, citar acorde a la norma APA, de manera correcta.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Características físico – químicas de las aguas residuales provenientes de las minas de carbón Piñipata

Tabla 1

Resultados del análisis de laboratorio - Muestra 1

METALES	CONCENTRACIÓN (mg/L)
Aluminio	0.045
Arsénico	0
Boro	0.529
Bario	0.037
Hierro	0.044
Litio	0.139
Manganeso	0
Zinc	0

Fuente: Datos de laboratorio.

Tabla 2

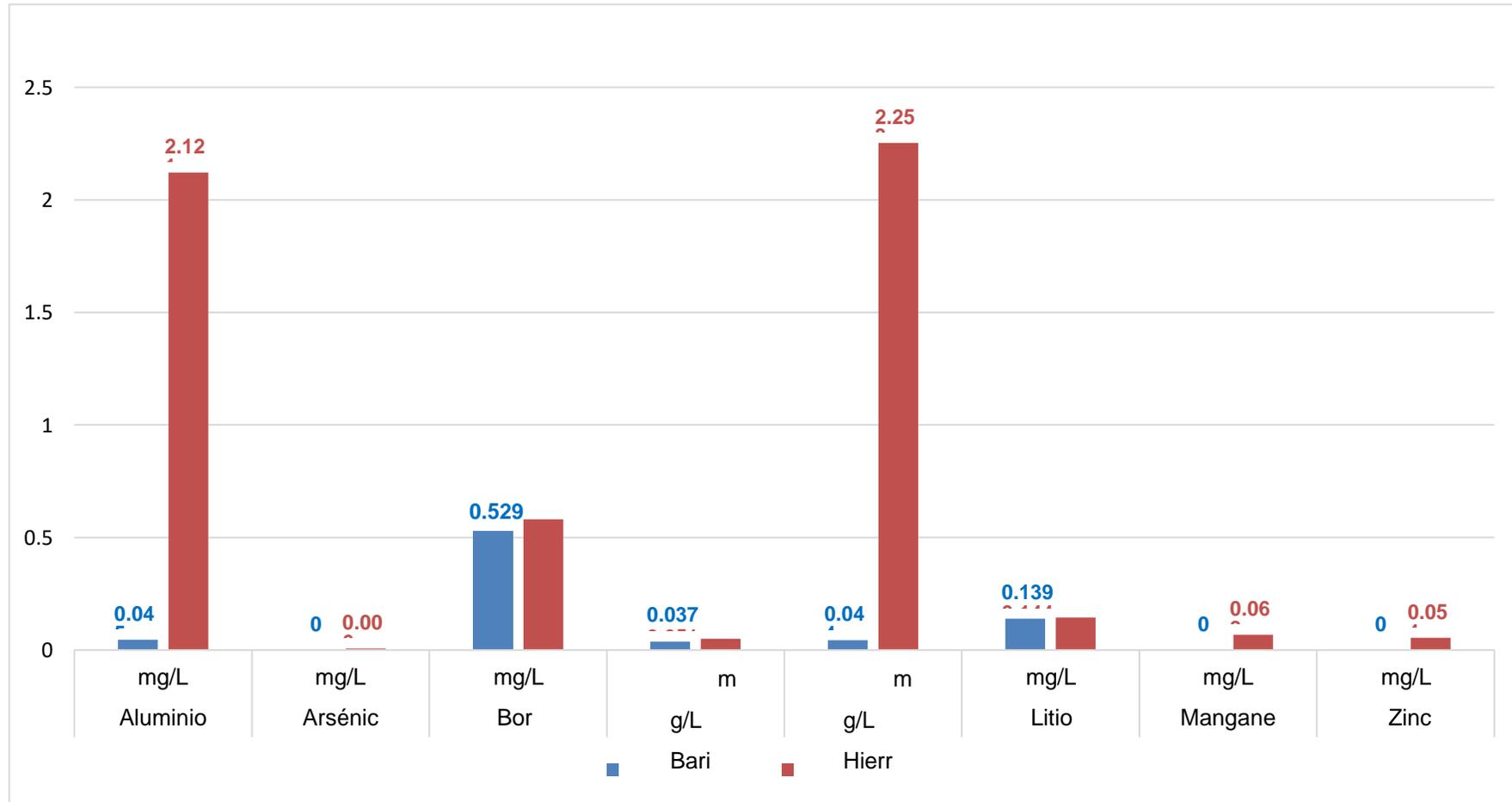
Resultados del análisis de laboratorio - Muestra 2

METALES	CONCENTRACIÓN (mg/L)
Aluminio	2.121
Arsénico	0.006
Boro	0.581
Bario	0.051
Hierro	2.253
Litio	0.144
Manganeso	0.068
Zinc	0.054

Fuente: Datos de laboratorio.

Figura SEQ Figura * ARABIC 6

Gráfico de resultados del análisis de laboratorio de las muestras 01 y 02



Fuente: Datos del Laboratorio Regional del agua.

3.2. Evaluación del tratamiento de las aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata

Para evaluar el tratamiento a seguir se realizó la comparación de los datos obtenidos del análisis de laboratorio con los parámetros de los LMP'S T ECA'S indicados en la normativa peruana.

Tabla 3

Análisis comparativo de la Muestra N° 01 y LMP'S - ECA'S

N° Muestra	Descarga de efluentes mineros	Categoría III- D1	Categoría I-AI	
Metal es	01 (mg/L)	LMP (mg/L)	ECA (mg/L)	ECA (mg/L)
pH	8.49	6 - 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Alu mini o	0.045	0	5	0.9
Arsé nico	<LCM	0.1	0.1	0.01
Boro	0.529	0	1	2.4
Bari o	0.037	0	0.7	0.7
Hier ro	0.044	2	5	0.3
Litio	0.139	0	2.5	2.5
Man gane so	<LCM	0	0.2	0.4
Zinc	<LCM	1.5	2	3

Fuente: Datos de laboratorio.

Tabla 4

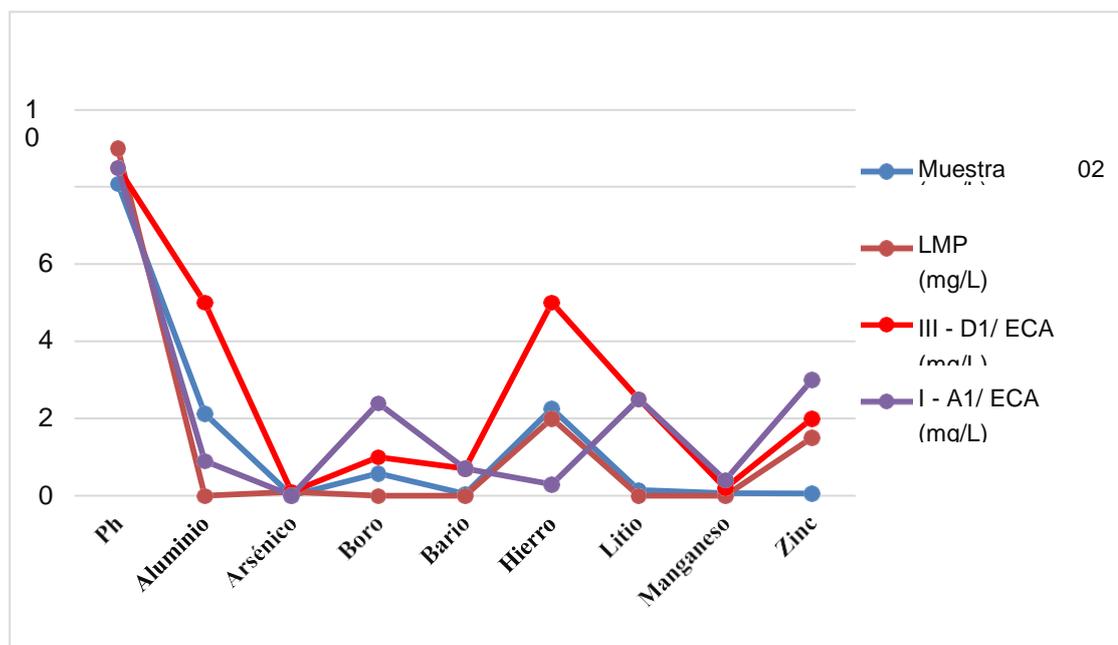
Análisis comparativo de la Muestra N° 02 y LMP'S - ECA'S

N°	Muestra	Descarga de efluentes mineros	Categoría III- D1	Categoría I-AI
	02	LMP	ECA	ECA
Metales	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
pH	8.09	9.00	8.50	8.50
Aluminio	2.121	0	5	0.9
Arsénico	0.006	0.1	0.1	0.01
Boro	0.581	0	1	2.4
Bario	0.051	0	0.7	0.7
Hierro	2.253	2	5	0.3
Litio	0.144	0	2.5	2.5
Manganeso	0.068	0	0.2	0.4
Zinc	0.054	1.5	2	3

Fuente: Datos de laboratorio.

Figura SEQ Figura * ARABIC 7

Gráfico comparativo de los resultados de laboratorio y LMP'S - ECA'S



Según los valores de los parámetros analizados se evidencia que el Hierro es el único metal que muestra una concentración elevada en referencia al Estándar de calidad ambiental para agua tipo A1, este es el único metal que se encuentra por encima de los parámetros indicados en la normativa, por lo cual el tratamiento que se propone es utilizando la planta Thypha como removedor de metales, tomando en cuenta que en la zona se evidencia la presencia de este elemento natural por lo cual resulta factible técnica y económicamente.

La thypha es conocida por sus propiedades de absorción de concentraciones de metales y de presentarse en mínimos porcentajes es capaz de eliminarlos, el procedimiento consiste en un método para la eliminación de metales pesados en aguas contaminadas a través de un filtro verde en el que participan organismos vegetales acuáticas y microorganismos.

3.3. Uso de los biosólidos y subproductos de las aguas residuales en la agricultura según la normativa R.M.024-2017

Mediante la aprobación a inicios del año 2017 de la Resolución ministerial N°024- 2017- VIVIENDA, se sientan las bases para el reaprovechamiento de biosólidos provenientes de PTARD, si bien es cierto que ya hay antecedente de la utilización de los biosólidos en temas de agricultura como en el caso de un trabajo científico en el año 2011 en la PTARD Puente piedra Lima – Perú, en aquellos tiempos el país no contaba con una norma que determine la aplicabilidad de estos residuos. Por ello se establecía su aplicabilidad como acondicionadores de suelos guiándose únicamente por el contenido de nutrientes presente en estos sin considerar los compuestos que podían causar posibles daños. (Jenny Francisco Atencio, Pedro Ramos Matías, & Guillermo Aguirre Yato, 2011)

En la legislación peruana se clasifica el biosólido proveniente de lodo residual en 2 en clases:

- Biosólido de clase “A”: se denominan así a los biosólidos sin restricciones sanitarias para su aplicación en el suelo.
- Biosólido de clase “B”: se denominarán así a los biosólidos con restricciones sanitarias para su aplicación según localización de los suelos y/o tipo de cultivo.

Para lograr estas clasificaciones se deben lograr valores en los parámetros por

debajo de límites establecidos de: estabilización, toxicidad química, higienización tanto los biosólidos de clase A y clase B. Las consideraciones de los parámetros a cumplir para las clases son:

- Parámetros de estabilización: se debe lograr la estabilización física de lodos residuales para ser clasificados como biosólidos de cualquier de las 2 clases, para ello se deberán cumplir con 1 solo requerimiento el cual va relacionado a la cantidad de sólidos volátiles respecto a los sólidos totales presentes.
- Materia Orgánica (Sólidos volátiles) 60% de Materia seca (Sólidos totales)
- Parámetros de toxicidad química: Según el tipo de biosólido ya sea este “A” o “B” no se deberán superar los parámetros de concentración máxima de metales pesados de la siguiente tabla.

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 5

Límites de toxicidad química en biosólidos de clase A y clase B

PARÁMETROS DE TOXICIDAD QUÍMICA EN BIOSÓLIDOS DE CLASE A Y CLASE B									
Mg/Kg ST Materia seca	Arsénico	Cadmio	Cromo	Cobre	Plomo	Mercurio	Niquel	Zinc	
Clase A y B	40	40	1200	1500	400	17	400	2400	

Fuente: R.M. 024-2017-VIVIENDA.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En los resultados de evidencia que de todos los parámetros analizados el Hierro es el único metal que muestra una concentración elevada en referencia al Estándar de calidad ambiental para agua tipo A1, este es el único metal que se encuentra por encima de los parámetros indicados en la normativa, por lo cual el tratamiento que se propone es utilizando la planta *Thypha* como removedor de metales, tomando en cuenta que en la zona se evidencia la presencia de este elemento natural por lo cual resulta factible técnica y económicamente. Esto apoya lo señalado por la investigación de Tejeda (2010) en la cual indica que la especie vegetal *Typha latifolia*, también conocida como espadaña, pertenece a la familia de las Typhaceae, son plantas herbáceas perennes rizomatosas (con tallo subterráneo de varias yemas, que crece de manera horizontal emitiendo raíces y nuevos brotes), con largas hojas verdes y flores de forma de salchicha en su parte apical. Tienen la capacidad de remoción por parte de sus raíces, esto se debe a la capacidad de adsorción y acumulación de los metales a las mismas. En su estado adulto alcanzan alturas entre 3.5–4.0 m. Las plantas de la especie *latifolia* poseen una inflorescencia que no presenta separación entre el polen y el pistilo, mientras que las de la especie *domingensis* presentan un tramo desnudo en el eje entre el polen y el pistilo de entre 1 a 8 cm.

Luego de pasar el agua por un proceso de tratamiento natural haciendo uso de la *typha*, se generaron lodos que no presentan alta concentración de metales pesados, por lo cual cumplen con los estándares para su reaprovechamiento

como biosólidos aportando nuevos nutrientes a las plantas. Lo cual nos permite apoyar lo señalado por Párraga (2016), en su trabajo de investigación “Biosólidos provenientes de aguas residuales de una procesadora de pescado aplicados al cultivo de maíz (*Zea mays* var. INIAP-528) en la provincia de Manabí” cuyo objetivo fue determinar el efecto de lodos residuales estabilizados, sobre las principales variables fenotípicas y el rendimiento de la variedad de maíz blanco INIAP 528, para contribuir al uso de los lodos residuales como un fertilizante natural alternativo en la agricultura. El experimento se efectuó en la comunidad Maconta del cantón Portoviejo. Se emplearon cinco tratamientos que fueron los siguientes: 100% Urea + 0% Biosólido, 70% Urea+30% Biosólidos, 30% Urea + 70% Biosólido, 0% Urea + 100% Biosólido, y el Testigo Absoluto sin Biosólido y sin Urea. Los datos se analizaron mediante el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. El análisis químico determinó la presencia de materia orgánica, macro y micro elementos en concentraciones adecuadas. La presencia de metales pesados, Cadmio, Plomo y Mercurio, estuvo en concentraciones que no rebasaron los límites permisibles de la EPA (Environmental Protection Agency). Finalmente, que el uso de Biosólido en el campo agrícola, puede ser una alternativa de gestión al problema ambiental que genera la inadecuada disposición de los lodos residuales.

4.2 Conclusiones

La propuesta de generación de biosólidos con aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata para su uso en la agricultura en la provincia de Hualgayoc, es favorable debido a que se determinó con un bajo concentrado de metales y otros,

cumpliendo con la normativa R.M.024-2017. Aceptando así nuestra hipótesis general.

Se determino las características físico-químicas de las aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata, los resultados del análisis de laboratorio identificaron un alto contenido de hierro y aluminio en comparación con los otros metales en las 2 muestras, teniendo una concentración de 0.044 mg/L y 0.045 mg/L respectivamente en la muestra 1 y 2.253 mg/L y 2.121 mg/L en la muestra 2.

Se evaluó el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata, para la aplicación del mismo se utilizó la typha como principal microorganismo removedor de metales del sistema de tratamiento de aguas no estandarizado mediante un proceso con productos naturales.

En la evaluación del uso de los biosólidos generados por las aguas residuales provenientes de la mina de carbón Piñipata, ya que las muestras no presentan alto contenido de metales y mediante el sistema de tratamiento se logró reducir la concentración en valores mínimos, los lodos obtenidos muestran un nivel de toxicidad por debajo del límite establecido en la normativa para biosólidos de clase A y B.

REFERENCIAS

- Borges, E. et al. (2007). *“Utilización agraria de los biosólidos y su influencia en el crecimiento de plántulas de tomate”* (Lycopersico esculentum Mill)”. Centro Universitario de Guantánamo. La Habana, Cuba.
- DIGESA. (2010). *“Estándares de calidad Ambiental”*, recuperado de: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf
- Espinoza, B. et al. (2010). *“Sales solubles y metales pesados en suelos tratados con biosólidos”*. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- Huanqui, A. (2018). *“Aprovechamiento de biosólidos provenientes de una planta de tratamiento de agua residual en una unidad operativa minera”* (tesis pre grado). Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
- INGEMMET. (2000). *“Carbón en el Perú”*. Boletín N° 07. Serie B: Geología económica, p.75.

MINEM. (2020). *“Producción de carbón en el Perú”*, recuperado de:
<http://www.minem.gob.pe/descripcion.php?idSector=1&idTitular=3841>

MINAM. (2010). *“Límites máximos permisibles”*, recuperado de:
<file:///C:/Users/DALILA%20JULCA%20LOPEZ/Downloads/1378.pdf>

OEFA. (2014). *“Definición de aguas residuales”*, recuperado de:
https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827#:~:text=Son%20aquellas%20aguas%20cuyas%20caracter%ADsticas,descargadas%20al%20sistema%20de%20alcantarillado.&text=%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20clasifican%20las%20aguas%20residuales%3F

Palella, S. & Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*, Florencia, Venezuela. Recuperado de <https://www.docsity.com/es/disenotipo-nivel-y-modalidad-de-palella-y-martins/2733947/>

Párraga, A. (2016). *“Biosólidos provenientes de aguas residuales de una procesadora de pescado aplicados al cultivo de maíz (Zea mayz var. INIAP-528) en la provincia de Manabí”*. (tesis maestría). Universidad de Guayaquil. Ecuador.

Sasakawa, Dang, Tran & Narbaitz (2018). *“Tratamiento y reutilización de las aguas residuales de las minas de carbón en Vietnam: aplicación de la microfiltración”*, recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/324845498_Treatment_and_reuse_of_coalmine_wastewater_in_Vietnam_application_of_microfiltration

Tesauro, P. (2013). *“Definición de Biosólidos”*, recuperado

de:<https://boletinagrario.com/ap6,biosolido,1571.html#:~:text=Los%20bios%C3%B3lidos%20son%20residuos%20org%C3%A1nicos,de%20las%20plantas%20y%20cultivos>.

Vargas, R. (2009). *“La Investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica”*. Vol. (33), p.161.

Vásquez, J. & Vargas, G. (2018). *“Aprovechamiento de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Funza, como insumo de cultivo y mejoramiento del suelo”*. (tesis pre grado). Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia.

ANEXOS

ANEXO N° 1

Figura SEQ Figura * ARABIC 8

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
		GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084	
			
INFORME DE ENSAYO N° IE 0920379A			
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	JOSÉ OIWALDO BARDALES GONZALES		
Dirección	Cajamarca		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	bardalesowaldo@gmail.com
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	08.09.20	Hora de Muestreo	12:00 a 12:30
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Físicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Piñipata-Bambamarca		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC - 623A	Cadena de Custodia	CC - 379A - 20
Fecha y Hora de Recepción	15.09.20	Inicio de Ensayo	15.09.20 12:15
Reporte Resultado	23.09.20		
 Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028		 Freddy López León Especialista de Química CIP: 198264	
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
Cajamarca, 23 de Septiembre de 2020.			

Figura SEQ Figura *ARABIC 9

Fichas técnicas de las muestras 1 y 2

ENSAYOS			QUÍMICOS			
Código de la Muestra			MT-001	MT-002		
Código Laboratorio			0920379A-01	0920379A-02		
Matriz			NATURAL	NATURAL		
Descripción			Subterránea	Subterránea		
Localización de la Muestra			Rio Llaucano	Rio Llaucano		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales			
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM		
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	0.045	2.121		
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	0.006		
Boro (B)	mg/L	0.026	0.529	0.581		
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.037	0.051		
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM		
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM		
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	74.80	71.550		
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM		
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM		
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM		
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM		
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	0.044	2.253		
Potasio (K)	mg/L	0.051	3.861	4.320		
Litio (Li)	mg/L	0.005	0.139	0.144		
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	5.463	5.592		
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	<LCM	0.068		
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM		
Sodio (Na)	mg/L	0.026	19.79	19.91		
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	<LCM		
Fósforo (P)	mg/L	0.024	0.182	0.296		
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM		
Azufre (S)	mg/L	0.091	19.02	16.33		
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM		
Selenio (Se)	mg/L	0.018	<LCM	<LCM		
Silicio (Si)	mg/L	0.104	3.53	6.147		
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.360	0.320		
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	0.050		
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM		
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM		
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	0.004		
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	<LCM	0.054		
Cerio	mg/L	0.0040	0.004	<LCM		
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	<LCM		
pH a 25°C	pH	NA	8.49	8.09		

Cajamarca, 23 de Septiembre de 2020.

Página: 2 de 3

Figura SEQ Figura * ARABIC 10

Fichas técnicas de las muestras 1 y 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N°

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Bi, Br, Ca, Ce, Cd, Co, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SM 9145-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.

NOTAS FINALES

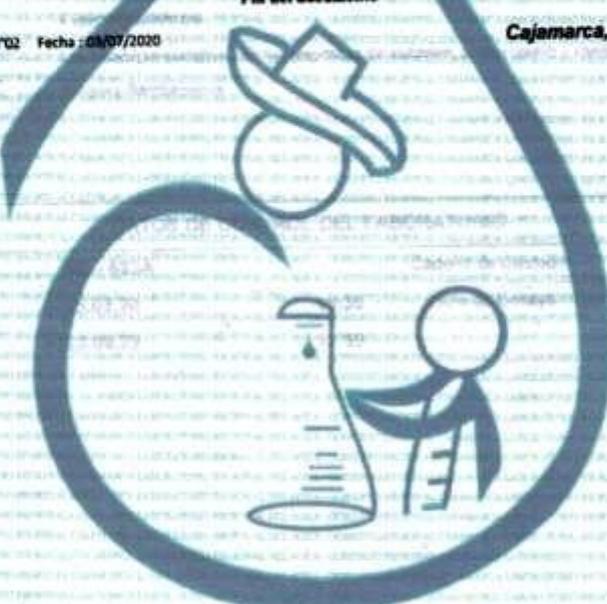
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realizan los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitido en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020 Cajamarca, 23 de Septiembre de 2020.



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Página: 3 de 3