



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Prototipo de biofiltro con residuos de café para remoción de plomo del  
agua del río Santa, sector Ticapampa, Ancash – 2020”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

**AUTORES:**

Cerna Roldán, Cinthia Celeste (ORCID: 0000-0002-3216-956X)

Montes Roca, Andy Junior (ORCID: 0000-0002-0277-6967)

**ASESOR:**

Mgr. Muñoz Arana, José Pepe (ORCID: 0000-0002-9488-9650)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

**CHIMBOTE — PERÚ**

2020

## **Dedicatoria**

A Dios, ese ser supremo que nos acompaña siempre en cada paso de nuestras vidas y nos ilumina nuestro camino.

Familia, y amigos especiales en nuestras vidas, no son nada más y nada menos que un solo conjunto: seres queridos que suponen benefactores de importancia inimaginable en nuestras circunstancias de humanos. No podríamos sentirnos más ajenos con la confianza puesta en nosotros, especialmente cuando hemos contado con su mejor apoyo desde que siquiera teníamos memoria.

Este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes; hemos logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea titánica e interminable. Quisiéramos dedicar nuestra tesis a ustedes, personas de bien, seres que ofrecen amor, bienestar y los finos deleites de la vida.

## **Agradecimiento**

Gracias a Dios, porque bendice nuestras vidas con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar de cada día al lado de las personas que sabemos que más nos aman; y más aún disfrutar de los logros que nos trae nuestra carrera profesional. Porque siempre nos guía en cada paso que damos y nos da la fuerza de seguir adelante a pesar de las adversidades.

Gracias a nuestros padres por ser los principales promotores de nuestros sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en nosotros y en nuestras expectativas; porque siempre desearon y anhelaron lo mejor para nuestras vidas. Gracias por cada consejo, por cada una de sus palabras que nos guiaron durante nuestras vidas y sobre todo durante este año, que estuvo lleno de nuevos retos.

Gracias a nuestra amiga Angie Nicole Alessandra Quispe Fajardo, y a todos nuestros amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas; que durante estos cinco años estuvieron a nuestro lado, apoyándonos y lograron que este sueño se haga realidad.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que nos apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

## Índice de contenidos

	Pág.
Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos .....	vi
Índice de figuras .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	11
3.2. Variables y Operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra y muestreo.....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.6. Método de análisis de datos.....	20
3.7. Aspectos Éticos.....	20
IV. RESULTADOS .....	22
V. DISCUSIÓN.....	31
VI. CONCLUSIONES .....	36
VII. RECOMENDACIONES .....	37
REFERENCIAS .....	38
ANEXOS .....	46

## Índice de tablas

	Pág.
Tabla N°1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
Tabla N°2: <i>Cantidad de plomo en el agua según proporciones de residuos de café. Río Santa - Sector Ticapampa.....</i>	<i>30</i>
Tabla N° 3. <i>Granulometría de las partículas del residuo de café.....</i>	<i>47</i>
Tabla N°4. <i>Tiempo de decantación del residuo de café.....</i>	<i>47</i>
Tabla N°5. <i>pH y porcentaje de plomo de la muestra control en el agua del río Santa.....</i>	<i>47</i>
Tabla N°6. <i>pH y porcentaje de plomo de las muestras experimentales en el agua del río Santa.....</i>	<i>47</i>

## Índice de gráficos

	Pág.
Gráfico N°1. Distribución porcentual del tamaño de partícula residuo de café.....	22
Gráfico N°2. <i>Tiempo de decantación del residuo de café.</i> .....	23
Gráfico N°3. <i>Comparación del contenido de plomo entre la muestra control, las muestras experimentales y el ECA.</i> .....	24
Gráfico N°4. <i>Remoción de plomo usando los residuos de café.</i> .....	26
Gráfico N°5. <i>Capacidad de bioadsorción de los residuos de café.</i> .....	28
Gráfico N°6. <i>pH de muestra patrón, muestras experimentales y lo establecido por el ECA.</i> .....	29

## Índice de figuras

	Pág.
<i>Imagen 1.</i> Punto de recolección del agua. ....	47
<i>Imagen 2.</i> Relave mineros en Ticapampa.....	47
<i>Imagen 3.</i> Extracciones de las muestras en el punto 2.....	47
<i>Imagen 4 y 5.</i> Decantación de los residuos de café.....	47
<i>Imagen 6 y7.</i> Grava de $\frac{3}{4}$ y de $\frac{1}{2}$ luego de ser lavada y secada.....	47
<i>Imagen 8 y9.</i> Grava de $\frac{3}{8}$ luego de ser lavada y secada. ....	47
<i>Imagen 10 y 11.</i> Arena gruesa y fina, luego de ser lavada y secada. ....	47
<i>Imagen 12.</i> Materiales para la elaboración del prototipo de biofiltro. ....	47
<i>Imagen 13.</i> Diseño manual de la estructura del prototipo de biofiltro.....	47
<i>Imagen 14 y 15.</i> Diseño en AutoCAD de la estructura del prototipo de biofiltro... 47	
<i>Imagen 16 y 17.</i> Elaboración y prueba de la estructura del prototipo de biofiltro. 47	
<i>Imagen 18.</i> Estructura del prototipo de biofiltro ya completado.....	47
<i>Imagen 19.</i> Recolección de la piedra chancada en Cantera San Pedrito. ....	47
<i>Imagen 20.</i> Recolección de la arena gruesa y fina en Cantera San Pedrito. ....	47
<i>Imagen 21.</i> Unidad muestral N° 1 con 34 g/L de residuos de café.....	47
<i>Imagen 22.</i> Unidad muestral N° 2 con 36 g/L de residuos de café.....	47
<i>Imagen 23.</i> Unidad muestral N° 3 con 38 g/L de residuos de café.....	47

## Resumen

En la presente investigación se ha planteado determinar el porcentaje de remoción de plomo del agua del río Santa, sector Ticapampa, con el bio-filtro con residuos de café, Ancash. Asimismo, en lo que concierne a fundamentos de esta investigación, Pacheco, Pimentel y Roque (2016, p. 13) afirman que el residuo de café tiene la capacidad de bio-adsorción, la cual se debe a que la composición química de esta materia orgánica conserva taninos, polialginatos, péptidoglucanos, entre otros compuestos que permiten atrapar al metal pesado y dejarlo adherido a la superficie de adsorbente. De este modo, este proyecto se trata de una investigación aplicada de diseño experimental en su forma cuasi experimental, cuya población se designó infinita debido a que es un elemento dinámico, el cual es comprendido por el recurso hídrico del río Santa, por lo cual se plasmó un muestreo por conveniencia extrayéndose muestras simples o puntuales en 2 puntos. Además, los instrumentos utilizados fueron protocolos del pH del agua, de la concentración inicial de plomo disuelto y de la concentración final de plomo disuelto. Por otra parte, los resultados obtenidos en la investigación, determinan que el porcentaje de remoción de plomo del agua es del 99.61% utilizando el bio-filtro con residuos de café, cumpliendo con los estándares brindados por el ECA. Al mismo tiempo, procesando los datos obtenidos en laboratorio, se obtiene que los residuos de café en su óptima dosificación (34g) tienen una capacidad de bio-adsorción de 16.22 mg/g. Por consiguiente, se llegó a la conclusión que la cantidad de plomo en el agua del río Santa que se obtuvo al procesarlo con el bio-filtro con 34g, 36g y 38g de residuos de café fueron de 0.0021 mg/l, 0.0083 mg/l, 0.0101 mg/l respectivamente; los cuales están dentro de los parámetros del valor establecido por el ECA, cuyo valor es de 0.05 mg/l, logrando de esta manera remover el 99.61% de plomo en el agua del río Santa.

: Bio-filtro, bio-adsorción, adsorbente, ECA, remoción.

## Abstract

In the present investigation it has been proposed to determine the percentage of lead removal from the water of the Santa River, Ticapampa sector, with the bio-filter with coffee residues, Ancash. Likewise, with regard to the foundations of this research, Pacheco, Pimentel and Roque (2016, p. 13) affirm that coffee residue has the capacity for bio-adsorption, which is due to the fact that the chemical composition of this matter Organic preserves tannins, polyalginates, peptidoglycans, among other compounds that allow the heavy metal to be trapped and left adhered to the adsorbent surface. In this way, this project is an applied research of experimental design in its quasi-experimental form, whose population was designated infinite because it is a dynamic element, which is understood by the water resource of the Santa River, which is why it reflected a convenience sampling, extracting simple or specific samples in 2 points. In addition, the instruments used were protocols of the pH of the water, the initial concentration of dissolved lead and the final concentration of dissolved lead. On the other hand, the results obtained in the investigation determine that the percentage of lead removal from the water is 99.61% using the bio-filter with coffee residues, complying with the standards provided by the ECA. At the same time, processing the data obtained in the laboratory, it is obtained that the coffee residues in their optimal dosage (34g) have a bio-adsorption capacity of 16.22 mg / g. Consequently, it was concluded that the amount of lead in the Santa River water that was obtained by processing it with the bio-filter with 34g, 36g and 38g of coffee residues were 0.0021 mg / l, 0.0083 mg / l , 0.0101 mg / l respectively; which are within the parameters of the value established by the ECA, whose value is 0.05 mg / l, thus achieving the removal of 99.61% of lead in the water of the Santa River.

: Bio-filter, bio-adsorption, adsorbent, ECA, removal.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, uno de los grandes desafíos que enfrenta la humanidad es consumir agua limpia; puesto que uno de los contaminantes en el agua es causado por la presencia de metales y metaloides en el agua, debido a que son vertidos a los ríos por diferentes empresas. Esto se ha convertido en uno de los problemas ambientales más preocupantes, debido a que el alto contenido de toxicidad de estos representa riesgos a la salud de todo ser vivo. Por esta razón, la organización mundial de la salud (OMS) fue normando y estandarizando las máximas concentraciones de sus contaminantes en las aguas; en donde estableció una concentración máxima admisible de plomo de 0.01 mg/l.

Por esta razón, a raíz de esta situación, a través de su investigación, la Autoridad Europea en Salud Alimentaria (2017), ha llegado a determinar los niveles aceptados de plomo según su nivel de toxicidad, donde se aseguró que si el contacto entre este metal pesado y los seres vivos sobrepasan los niveles establecidos llegarán a presentar problemas de salud.

Por consiguiente, una de las últimas investigaciones hechas por la revista ACS Sustainable Chem en EE. UU (2016, p.6), experimentó los adsorbentes que contiene el café para remover iones metálicos en una solución; para lo cual utilizaron 65 mg/L con un tiempo de contacto de 20 min en una mezcla vertiginosa, utilizando partículas muy pequeñas de cenizas de polvo de café. A raíz de este proceso se obtuvo una remoción de 90%, lo que comprobó que existe un alto índice de adsorción y mayor atracción de este metal.

Por otro lado, cabe resaltar que según el reporte periodístico del canal CNN (2017), en muchos distritos del Perú, el agua potable llegó a sobrepasar los límites de plomo establecidos por la OMS, lo cual significa que muchos ríos llegan a ser una vía de contaminación y una amenaza para la salud de los pobladores de dichas zonas.

En consecuencia, un equipo de la Organización Mundial de la Salud (2018, p.3), realizó un estudio en Perú acerca del consumo de agua contaminada con este metal. Para ello, se seleccionaron 12 distritos donde extrajeron muestras de agua

en 151 fuentes tanto de superficies como subterráneas, en las cuales se obtuvieron altos porcentajes de plomo que no son permisibles según sus índices ya anunciados anteriormente. También se determinó que alrededor de 1.6 millones de pobladores consumen de estas aguas.

Sin embargo, la región de Ancash tampoco es ajena a la problemática descrita; puesto que la minería llega a ser la principal causante de contaminación de metales pesados en las aguas de río Santa, debido a que ésta usa el río Santa como vía de eliminación de sus residuos.

Esto se comprueba a raíz de los estudios realizados por la revista UNMSM (2017, p.108), donde comprobaron altos niveles de concentración de este metal pesado (0,6402 mg/L), en diferentes grados de toxicidad; los cuales llegaron a superar los parámetros ya establecidos por los “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua” del Ministerio del Ambiente.

Por ende, a raíz de esta problemática, se formuló la siguiente interrogante: ¿En qué porcentaje fue posible la remoción de plomo del agua del río Santa, sector Ticapampa, con el bio-filtro con de residuos de café?

En donde cabe señalar, que este trabajo de investigación es de justificación social porque pudo ser de mucha ayuda para las poblaciones cercanas debido a que se mostró una propuesta de solución ante la contaminación minera con metales pesados como es el plomo; asimismo desde el punto de vista económico, se justificó porque los beneficios de esta solución fue que el café tiene un bajo costo y una facilidad para su sembrado en nuestra región.

Por otra parte, también se habló de una justificación metodológica, puesto que se acudió a la información actual donde perteneció este estudio, dando un mayor apoyo con esquemas teóricos confiables y evaluados. Para alcanzar el cumplimiento con los objetivos propuestos, se reunió a guías metodológicas de investigación, que nos brindó las pautas y herramientas para el buen procesamiento de los datos.

Asimismo, esta investigación impulsó a los investigadores a realizar estudios y ensayos sobre este biomaterial en remoción de plomo, y por ende evitar daños en la salud por el consumo directo de las personas consumidoras de esta fuente.

Por consiguiente, se planteó el siguiente objetivo general: Determinar el porcentaje de remoción de plomo del agua del río Santa, sector Ticapampa, con el bio-filtro con residuos de café, Ancash. Para que se logre este objetivo se formularon los siguientes objetivos específicos: Determinar las características de los residuos del café; determinar el porcentaje de remoción óptima, utilizando 34 g/L, 36 g/L y 38 g/L de residuo de café; determinar la capacidad de bioadsorción, utilizando 34 g/L, 36 g/L y 38 g/L de residuo de café; y determinar el porcentaje del potencial de hidrógeno del agua del río Santa 34 g/L, 36 g/L y 38 g/L de residuo de café.

Como consecuencia de la pregunta anteriormente planteada, se proyectó la siguiente hipótesis: la remoción de plomo del agua del río Santa, sector Ticapampa, con el bio-filtro con de residuos de café sería de un 90%.

## II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se hace referencia a determinados antecedentes de autores que hicieron indagaciones y aportes, las cuales ayudaron a comprender el emprendimiento de la exploración.

A nivel internacional, Fragouli (2016, p.IV), en su investigación titulada “Espuma bio-elastomérica compuesta de residuo de café para la remoción de Plomo y Mercurio del agua” del Instituto Italiano de Tecnología- Italia, proporcionó un nuevo estudio profundizada mínimamente sobre el café molido que se utilizó en las cafeterías. Su propuesta partió de solucionar dos problemáticas, las cuales fueron tanto el aprovechamiento de un residuo que se generó comúnmente en Italia, como la remoción de dichos metales pesados del agua; para ello hicieron una mezcla donde agregaron residuos de café molido, un elastómero de silicona y azúcar, una vez endurecida esa mezcla, se sumergió en agua destilada para disolver el azúcar y darle la porosidad necesaria a la espuma, la cual actuó como un filtro en dos situaciones distintas, en la primera se dejó en agua en reposo por 30 horas, obteniendo adsorber 99% de iones de Plomo y Mercurio; mientras que en la segunda, se hicieron pruebas con agua contaminadas con Plomo en la cual se logró un 67% de remoción de dichos iones.

Asimismo, Lara (2016, p.5), en su artículo de investigación titulado “Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao” de la Universidad del Valle, Colombia; comentó que tuvo como objetivo determinar el desempeño de la capacidad de remoción de la cáscara de cacao frente al plomo y el cadmio en una solución acuosa sintética con 100mg/L de estos y a un flujo de 6 mL/min, con una variación de la altura del lecho de 4.5 a 7 cm; donde se obtuvo una remoción de 91,32% y 87.80% para el plomo y el cadmio respectivamente, manteniendo constante las variables de pH y temperatura; con lo cual se demostró una alternativa de bajo costo al tener un alto potencial de remoción de biomasa residual que se incorporó al mercado con un valor agregado.

Del mismo modo, Cabrera (2017, p. V), en su investigación titulada “Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cascara de tomate de árbol (*solanum betaceum*)” de la Universidad Politécnica Salesiana, España; expresó de la eficacia de bioadsorción de residuos orgánicos como la cáscara de tomate de árbol (*solanum betaceum*) en iones de plomo y cromo donde se utilizó 0.1 gramos de cáscara y se varió tanto el PH como tamaño de la partícula para determinar los mejores valores. Siendo esta investigación experimental de nivel cuasi-experimental, se mostraron algunas de las reflexiones identificadas como Cromo (Cr) y Plomo (Pb). El objetivo de este trabajo fue la remoción de metales pesados como el cromo y plomo, en los que se buscó que posean características positivas a la hora de reacciones los iones positivos con los negativos y se adhieran a su estructura de las pieles de tomate. Se concluyó que con un pH ideal de 4.0 para plomo y 2.0 para cromo, a 5 ppm cada uno y agitado a 120 minutos se obtuvo un porcentaje de adsorción de 61.1% para el plomo y 52.73% para el cromo. Este proyecto se realizó al usar las pieles de tomate trituradas, disueltas en el agua contaminada con el fin de mejorar la calidad del agua para consumo humano.

Igualmente, Ramírez (2017, p. V), en su tesis titulada “Propuesta de desarrollo de un biofiltro para remoción de plomo en el agua de consumo de pobladores del recinto Yurima - Daule” de la Universidad de Guayaquil; habló acerca de la capacidad de bioadsorción que tienen la Azolla, Spirodela y Lemna, las cuales fueron plantas acuáticas. Siendo esta investigación experimental de nivel cuasi-experimental, se mostraron algunas de las reflexiones identificadas como Plomo (Pb). El objetivo de este trabajo fue la remoción de metales pesados como el plomo mediante un biofiltro, en los que se busca que los metales pesados sean removidos a través de la fitoremediación. Este proyecto se realizó al usar diferentes plantas acuáticas en distintos estados los cual permitió remover hasta un valor máximo de 87.5% con Azolla.

Por otro lado, a nivel nacional, Pacheco, Pimentel y Roque (2016, p.6), en su artículo de investigación, titulado “Cinética de la bio-adsorción de iones cadmio (II) y plomo (II) de soluciones acuosas por biomasa residual de café (*Coffea arábica* L.)” de la Universidad Nacional del Altiplano- Puno, estudiaron la

biomasa residual del café para evaluar su capacidad como bio-adsorbente frente a los dos metales pesados en mención, determinaron que la retención de Cadmio y Plomo se producen durante los primeros 30 minutos y que alcanzado los 90 minutos se logra el equilibrio comprobando una mejor eficiencia frente al Pb que al Cd, siendo la adsorción de 0 a 100 ppm/g en un tiempo de 1 hora aproximadamente para el Pb y de 0 a 68 ppm/g en 30 minutos aproximadamente para el Cd.

Asimismo, Ángeles (2016) en su informe final de proyecto de investigación, titulado "Isotermas de adsorción de cationes metálicos en solución acuosa mediante borra de café peruano" de la Universidad del Callao- Callao, hizo una comparación entre el café tostado molido fina y el molido medio, obtuvo como resultado que al emplear la borra de café, este logra adsorber 90% de Cadmio de una solución estándar de 10 ppm de Cd (II) con el modelo isotérmico Langmuir con un pH óptimo de 6.5 y tiempo de residencia de 10 horas; y hasta el 99% de Plomo de una solución estándar de 10 ppm Pb (II) con el modelo isotérmico de Freundlich a un pH óptimo de 4 en un tiempo de residencia óptima de 2 horas comprobando que relación entre la dosis y la capacidad de bio-adsorción promedio de 3.65 mg/g para plomo

De la misma forma, Romero (2017, p. IV), en su estudio titulado: "La pepa de aceituna y la bio-adsorción en efluentes mineros con alta concentración de plomo y zinc", la cual se ubicó en la unidad minera heraldos negros en la región de Huancavelica. En esta, se extrajeron muestras para hacer un análisis de la concentración de metales, donde el reporte del laboratorio arrojó la cantidad de 7.48 g/L de Zinc y 0.436 g/L de plomo; los cuales están muy por encima de los límites establecidos por el MINAM para las descargas de efluentes líquidos de actividades mineras. Su finalidad fue desarrollar un método económico para la remoción de metales pesados, es por ello que se usó la pepa del olivar activado mecánicamente, usando el método discontinuo con movimiento persistente, en un tiempo de 60 min y 90 min para la dosis de 5 g y 10 g de pepa de olivar por cada 2 litros de efluente extraído. En los resultados se obtuvieron una remoción eficiente de 87.6% para zinc y 96.1% para el plomo, donde concluyeron que la

aceituna (pepa) activado mecánicamente es eficaz en el uso de tratamientos aguas con concentración de residuos pesados como el zinc y plomo.

Finalmente, a nivel local Chávez (2018, p. V), tuvo como objetivo descubrir la cantidad de remoción de plomo por medio del intercambio iónico utilizando el método de la prueba de jarras. Se comprobaron también las velocidades angulares más eficaces para la remoción de plomo. Utilizando 50 mg/L de residuos de café se obtuvo 60.50% de remoción de plomo. Utilizando 70 mg/L de residuos de café se obtuvo 48.75% de remoción de plomo. A temperatura ambiente será menor.

Además de eso, según el ECA (2018, p. 8), en un estudio realizado a las aguas del río Santa en el tramo adyacente al Pasivo Ambiental Minero de Recuay, Ticapampa, en la provincia de Recuay, región de Ancash, se encontraron altos niveles de concentración de residuos de plomo (0,6402 mg/L), las cuales no llegaron a ser permisibles según los parámetros establecidos por el ECA que estableció el MINAM. Por esa razón, se llegó a la conclusión que una de las causas principales de la contaminación del río Santa llega a ser originada principalmente por las descargas residuos mineros que están situados a lo largo de todo el cauce del río (en el tramo de Ticapampa – Recuay), debido a que estas la utilizan como vía de eliminación de sus residuos. Por otra parte, el análisis de sedimentos de este metal comprobó que el agua a parte de estar contaminada, cuenta con un potencial de hidrógeno por debajo de 5.5, siendo no apta para el uso y consumo humano.

Por último, Gil (2018, p. VI), en su investigación titulada “Diseño de un biofiltro de mucílago de tuna (opuntia ficus - indica) para remover arsénico” de la Universidad San Pedro; expresó de la capacidad de bioadsorción que tienen el mucílago de tuna respecto al arsénico y el diseño del biofiltro. Siendo esta investigación experimental de nivel cuasi-experimental, se mostraron algunas de las reflexiones identificadas como Arsénico (As). El objetivo de este trabajo fue la remoción de metales pesados como el arsénico y parámetros físico químicos mediante un biofiltro, en los que se buscó que los metales pesados se adhirieran en el mucílago de tuna debido a su composición de Potasio (K) y Calcio (Ca).

Este proyecto se realizó al usar el mucílago de tuna como gel coagulante y floculante que caen por gravedad luego de adsorber las cargas negativas del metal.

Por ende, la investigación contó con teorías relacionadas al tema como se detalla a continuación.

Ante todo, Sendekia Ingeniería (2017, párr. 4), refiere que un prototipo es un primer arquetipo que sirve como perfil de un producto concluido, el cual permite tanto verificar el diseño como corroborar que cuenta con las características específicas planteadas. Además se hace dato a una modelo de lo que será el diseño, cuya finalidad es evaluar el resultado final, aprender de él y llevar a cabo pruebas concluyentes. De esta manera, la forma o características del mismo pueden diferir al producto final; sin embargo, se deben custodiar los detalles que maximicen la dirección del proyecto.

Por otro lado, Alarcón y Ferrera. (2016), dijeron que un bio-filtro es un método que se asemeja a los humedales que son suelos saturados por agua, se consideran una técnica biológica que permite remoción de los contaminantes que se encuentran en las aguas con alto contenido de toxicidad. (p.16)

Sin embargo, Alvarado (2020), expresaron que para reducir el impacto de las aguas contaminadas se han desarrollado nuevas alternativas de depuración, logrando un saneamiento básico del agua por medio de bio-filtros, estos pueden actuar como absorbentes naturales; así mismo por medio de la adsorción y absorción son capaces de fijar diferentes sustancias o contaminantes, reteniéndolos y biodegradándolos, utilizando materiales orgánicos como: cacahuate, jacaranda, bagazo de fibra de coco y bagazo de caña de azúcar, entre otros, estos no requieren de mayor inversión y se puede considerar utilizarlos en el tratamiento terciario en aguas residuales.(p.22)

Por otra parte, Chacaltana (2018), describió que el café es un producto de gran demanda a nivel nacional e internacional debido a la demanda que existe, tanto que ha llevado a su industrialización para poder aprovecharlo como bebida o como insumo para otros alimentos, lo que ha generado que durante el proceso

para la obtención de dicho producto se generen gran cantidad de desechos como las cascarras del café, hojas, rastrojos, residuos del café y otros residuos orgánicos algunos sólidos y otros líquidos. Los residuos de café o también conocido como borra de café es el sobrante posterior a la obtención de la esencia concentrada del café instantáneo doméstico y comercial tras colarlo con agua caliente, dicho residuo ha sido estudiado anteriormente para la elaboración de compostaje, alimento para animales y producción de biodiesel, pero también se ha estudiado, aunque muy poco, su acción como adsorbente para lograr remover metales pesados en aguas (p.13).

Por esa razón, para Lagos (2016), la eficiencia de la remoción usando residuos de café como bio-adsorbente, en este caso de plomo disuelto, se logró al realizar el tratamiento que tiende a aplicarse a la muestra de agua con metales disueltos, para la cual se emplea la siguiente fórmula:

$$\% \text{re} \quad \text{ónd} \quad m \quad = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Dónde “Ci” fue la concentración inicial de metal (mg/L), “Cf” fue la concentración final del metal (mg/L) (p.21).

Asimismo, Alvarado (2020, p.10), definieron al plomo como un elemento químico contaminante con una densidad de 11.35 g/mL, que posee un alto índice de toxicidad en seres vivos, por lo cual su consumo en diferentes circunstancias puede generar problemas a la salud como problemas en la piel, fiebres, problemas estomacales y hasta generar la muerte por su alto consumo. Este contiene componentes químicos que ayudan a que pueda sedimentarse en el agua rápidamente, pero esto no quiere decir que no se presentara en el agua si no que no tendrá un % muy elevado.

Puesto que las descargas mineras contribuyeron con plomo; llegando a presentar un dilema cuando estos son vertidos al medio ya sea a nivel del suelo o a los medios acuáticos, debido a que es un contaminante sumamente peligroso, más aún cuando se suma a otros tipos de metales donde la toxicidad

en el agua se eleva y afecta a la flora y fauna tanto como a los seres humanos que la consumen, trayendo consigo problemas de salud.

Por otro lado, Medellín (2016), determinaron que la bio-adsorción es el proceso, en el cual se usa materia orgánica o biomasa para poder adsorber algún material contaminante, como los metales, que se encuentra en el agua. Este proceso consiste en la adhesión del metal en la superficie de la biomasa, este método es un tipo específico de adsorción por la biomasa empleada y resulta más eficiente que los tratamientos convencionales para remover metales pesados debido a la fácil adquisición de materiales adsorbentes ya que en su mayoría son residuos orgánicos de actividades agrícolas o industriales siempre y cuando no sean materiales tóxicos, lo que a la vez caracteriza los bajos costos en el proceso (p. 20).

Asimismo, según Lagos (2016), el mecanismo de adsorción que se empleó para la bio-adsorción con borra de café es el cinético, el cual nos permitió poder determinar la capacidad de bio-adsorción mediante la capacidad de remoción de Plomo disuelto tomando diferentes tiempos por unidad de residuos de café (bio-adsorbente) para la cual se emplea la siguiente fórmula:

$$q_t = \frac{(C_i - C_t)}{m} x$$

Dónde “qt” fue la capacidad de bio-adsorción del residuo de café para el metal (Plomo disuelto) en el tiempo “t” (mg/g), “Ci” fue la concentración inicial de metal (mg/L), “Ct” fue la concentración del metal en el tiempo “t” (mg/L), “V” fue el volumen de la solución (L) y “m” fue la masa de residuo de café (g) (p. 23).

Por ende, Pacheco, Pimentel y Roque (2016), resaltaron que la capacidad de bio-adsorción conferida al residuo de café se debe a que la composición química de esta materia orgánica conserva taninos, polialginatos, péptidoglucanos, polisacáridos, glicoproteínas, fucanoides, compuestos heterocíclicos, flavonoides<sup>5,6</sup>, ácidos clorogénicos, ácido feruloilquínico, entre otros compuestos que permiten atrapar al metal pesado y dejarlo adherido a la superficie de adsorbente (p. 13).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de Investigación

**Tipo de investigación:** Según Carrasco (2019), el tipo de estudio de investigación básico tiene el diseño de amplificar los conocimientos teóricos, sin interesarse directamente en posibles aplicaciones.

Para este caso, se habla de una investigación aplicada, porque permitió utilizar los conocimientos existentes a fin de dar solución a un problema real (elevado porcentaje de plomo en el agua.)

**Diseño de investigación:** Según Hernández (2014), los diseños experimentales se utilizan cuando el científico tiene como objeto establecer el posible efecto de una causa que se manipula.

Para este caso, se habla de una investigación experimental porque se manipuló la variable independiente en cuanto a los porcentajes de residuos de café que se va a añadir a las muestras tomadas del agua del río Santa, sector de Ticapampa.

Por consiguiente, el diseño de esta investigación es cuasi-experimental porque se trabajó con grupo control y grupo experimental donde los objetos de estudios son diferentes (agua, sin residuos de café y agua con residuos de café).

#### Grupo Control

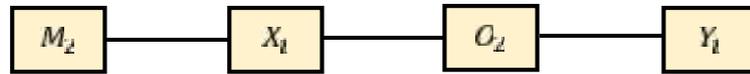


**$M_1$ :** Representa a la muestra de agua que se extrajo del río Santa, en el sector de Ticapampa.

**$X_1$ :** Representa a la variable dependiente, que en este caso fue la cantidad de Plomo.

$O_1$ : Representa la cantidad de plomo que se obtuvo al analizar la muestra de agua del río Santa, en el sector de Ticapampa.

### **Grupo Experimental**



$M_1$ : Representa a la muestra de agua que se extrajo del río Santa, en el sector de Ticapampa.

$X_1$ : Representa a la variable dependiente, que en este caso fue la remoción de Plomo.

$O_1$ : Representa la cantidad de plomo removido que se obtuvo al analizar la muestra de agua del río Santa, en el sector de Ticapampa, por medio del bio-filtro con residuos de café.

$Y_1$ : Representa a la variable independiente, que en este caso fue el bio-filtro con residuos de café.

## **3.2. Variables y Operacionalización**

### **3.2.1. Variable dependiente cuantitativa: Remoción del plomo**

#### **Definición Conceptual:**

En esta variable, Reyes et al (2016) define el término remoción como “la separación de metales pesados disueltos de un elemento líquido” (p.35). Asimismo, Reyes et al (2016) describe el plomo como “un metal que no puede ser degradado y tiene una alta persistencia” (p. 36).

### **Definición Operacional**

Determinar la cantidad de plomo que tiene el agua del río Santa en el sector de Ticapampa. Para ello, se recogerá la muestra In situ, la cual será llevada al laboratorio; cuyos resultados se plasmarán en un protocolo.

### **Dimensiones e Indicadores**

La variable contó con tres dimensiones, las cuales a su vez poseyeron indicadores; como fue el caso de la composición química del agua, cuyos indicadores fueron el potencial de hidrogeno (pH) y el porcentaje de plomo. Asimismo, se tuvo como dimensión a la eficiencia de remoción de Plomo disuelto en agua, donde su indicador se determinó por la fórmula de la eficiencia de remoción:

$$\epsilon = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Por último, se tuvo a la cantidad de adsorción, cuyo indicador fue el porcentaje de plomo adherido.

### **Escala de Medición**

Por haber sido una variable continua, su escala de medición fue: razón.

#### **3.2.2. Variable independiente cuantitativa:** biofiltro con residuos de café.

### **Definición Conceptual**

Para esta variable, Alarcón y Ferrera. (2016) definen a un bio-filtro como “un filtro biológico, que elimina compuestos contaminantes en los efluentes, además, de ser económico y contribuye con el cuidado ambiental” (p. 15).

### **Definición Operacional**

Se añadirá al agua del río Santa en el sector de Ticapampa 34 mg/L, 36 mg/L y 38 mg/L. Se procesa por 60 minutos y se deja reposar 15 minutos. Luego se llevará el agua al laboratorio para determinar la cantidad de plomo en el agua.

### **Dimensiones e Indicadores**

Al igual que la variable dependiente, ésta también cuenta con tres dimensiones y sus respectivos indicadores. Este es el caso de la capacidad de bio-adsorción del café, donde el indicador se determinó por la siguiente fórmula:

$$q_t = \frac{(C_i - C_f)}{m} x$$

De la misma forma, se tuvo como dimensión a la dosis de residuo de café, cuyos indicadores fueron las dosis de 34 gramos, 36 gramos y 38 gramos por cada litro de agua. Finalmente, se tuvo a las características de los residuos del café, con sus dos indicadores: la granulometría de los Residuos de café y el tiempo de decantación.

### **Escala de Medición**

De igual manera que la variable dependiente, está por haber sido una variable continua, su escala de medición fue: razón.

## **3.3. Población, muestra y muestreo**

### **3.3.1. Población**

Se designó infinita; debido a que es un elemento dinámico, el cual fue comprendido por el recurso hídrico del río Santa, que pasa por el sector Ticapampa, en la provincia de Recuay, región Ancash; con 2km de longitud.

### **3.3.2. Muestra**

Se extrajeron muestras puntuales en 2 puntos, además se tomaron 4 botellas de litro cada uno, en donde 1 botella se utilizó para el análisis químico inicial del pb, y la botella restante se aplicó para determinar la concentración final del Pb disuelto.

### **3.3.3. Muestreo**

Se plasmó un muestreo no probabilístico por conveniencia, puesto que el Rio Santa, Sector Ticapampa tiene una longitud aproximada de 2km de recorrido por lo cual se extrajo el agua en 2 puntos elegidos por los tesistas.

Por esa razón, como *criterio de inclusión* se tomó 1 punto por km, los cuales estuvieron más próximos a la zona de contaminación y serán de fácil acceso.

Por consiguiente, como *criterio de exclusión* se han excluido los puntos ubicados fuera del área de influencia de la zona de contaminación o los que están dentro del área pero que fueron de difícil acceso.

### **3.3.4. Unidad de análisis**

1 litro de agua del río Santa sector de Ticapampa, en la provincia de Recuay.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla N°1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

OBJETOS ESPECÍFICOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Determinar las características del Residuo de café.	Observación científica.	Protocolo del análisis granulométrico.	Valores de distribución porcentual del tamaño de partícula residuo de café.
Determinar el porcentaje de remoción óptima, utilizando 34 mg/L, 36 mg/L y 38 mg/L de residuo de café.	Observación científica.	Protocolo de la concentración final de plomo disuelto.	Concentración final de plomo disuelto en agua del río Santa, en el sector Ticapampa.
Determinar la capacidad de bioadsorción, utilizando 34 mg/L, 36 mg/L y 38 mg/L.	Observación científica.	Guía de análisis documental (fórmula).	Capacidad de bioadsorción de los residuos de café
Determinar el porcentaje del pH del agua del río Santa utilizando 3 m /L, 3 m /L y 3 m /L de residuo de café.	Observación científica.	Protocolo del pH del agua.	Valores de composición del pH en laboratorio del agua del río Santa, en el sector de Ticapampa.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## **Validez**

En la presente investigación se utilizaron protocolos, los cuales no requirieron de validación porque fueron instrumentos elaborados por COLECBI, el cual es un laboratorio de ensayo acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL que se rigen por la norma técnicas ASTM., y cuenta con un equipo de técnico-científicos.

## **Confiabilidad**

La confiabilidad de la ficha técnica fue respaldada en los Estándares de Calidad de Agua (ECA) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA), donde estipulan el procedimiento a seguir desde la recolección de la muestra, procedimiento y resultados.

### **3.5. Procedimiento**

#### **3.5.1. Recolección y procesamiento de los residuos de café**

La recolección de estos, se realizó de manera gradual durante un periodo de 1 mes como producto del consumo diario. Posterior a este procedimiento, se realizó el lavado y secado de estos.

Luego se ejecutó el análisis granulométrico, a fin de verificar que la mayor parte de las partículas se quedaran retenidas en las mallas de menor diámetro, lo cual garantizó el proceso de bioadsorción. Además, se determinó el tiempo de decantación de cada dosis de café a utilizar en el experimento, a fin de poder realizar el diseño del prototipo.

#### **3.5.2. Diseño del prototipo de biofiltro**

El prototipo ha sido diseñado tomando en cuenta el tiempo de mezcla de los residuos del café con el agua, así como el tiempo de contacto (decantación). Por esa razón, para este último, se ha diseñado una cámara de mezcla rápida, cuya dimensión fue  $0.30m \times 0.30m \times 0.40m$ ,

la cual contó con un motor que permitió realizar la mezcla del agua con los residuos de café.

Por otra parte, en cuanto al tiempo de contacto, se diseñó un área de filtro cuya dimensión fue de  $0.30m \times 0.30m \times 0.70m$ , en donde se conformó 6 capas de material de diferentes granulometrías. Finalmente, se creó una cámara de recolección de  $0.30m \times 0.30m \times 0.40m$ , la cual sirvió para la descarga del agua filtrada. Estas dos últimas estructuras fueron articuladas por un motor, cuya función fue la realización de rebombeo del agua.

Sin embargo, luego de diseñar estas tres áreas del prototipo, se tomó en cuenta que entre las estructuras, debía existir un desnivel de 30 centímetros para generar la carga hidráulica.

### **3.5.3. Recolección y preparación del material para elaboración del filtro**

Para la elaboración del área de filtración del prototipo, se procedió a hacer la recolección de la piedra chancada en sus diferentes diámetros nominales ( $3/4''$   $1/2''$ ,  $3/8''$ ), la cual se realizó en la cantera San Pedrito, al igual que la arena gruesa y la arena fina. Luego de este procedimiento, se realizó el lavado y secado de los agregados, a fin de eliminar los limos y las impurezas.

Finalmente, en seguida del proceso anterior, se empezó a organizar los estratos de mayor a menor diámetro con un espesor de 10 centímetros, empezando con la piedra de  $3/4''$ , seguido por la piedra de  $1/2''$ . Asimismo, se agregó la piedra de  $3/8''$ , la arena gruesa y la arena fina; concluyendo con una capa de algodón de espesor de 5 centímetros.

### **3.5.4. Recolección de las muestras del río**

Para la recolección de estas, se empleó el método existente que brinda el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la ANA (2016) para ríos profundos y caudalosos.

Dicho procedimiento constó de los siguientes pasos:

- a) Lo primero fue colocarse todos los implementos adecuados para realizar el muestreo, como guantes desechables, mascarillas, chalecos y botas de seguridad.
- b) Se buscó un punto de fácil acceso, de corriente homogénea, poco turbulenta y de interés.
- c) Antes de tomar la muestra se enjuagó la botella con agua del punto de muestreo, como mínimo 2 veces, sumergiéndolo a contra corriente hasta que estuviera parcialmente lleno.
- d) Para la toma de la muestra se sumergió el recipiente a contracorriente y a una profundidad de 20 cm.
- e) Se dejó libre un espacio del 1% del frasco aproximadamente.
- f) Se evitó coleccionar suciedad, películas de la superficie o sedimento del fondo.
- g) Se recolectó la muestra en una botella de 2.5 L para garantizar que todas las botellas de 1 L contengan muestras homogéneas del punto muestreado.
- h) Las muestras tomadas fueron colocadas en un depósito aislante que impida la transferencia de la temperatura del medio ambiente.

### **3.5.5. Realización del experimento**

Una vez confeccionado el prototipo, se pasó a la realización del experimento, ejecutando el siguiente procedimiento:

- a) En primer lugar, se midió seis litros de agua, las cuales fueron depositados en la cámara de mezcla rápida conjuntamente con las dosis correspondientes de residuo de café para cada caso.

Dicha mezcla fue removida por un periodo de tiempo de 30 minutos, mediante las hélices accionadas por un motor.

- b) Luego, la mezcla ingresó a la zona de filtración, llegando hasta la cámara de recolección, para luego ser rebombada por un motor a la zona anterior. Este proceso de reciclado se realizó durante 30 minutos.
- c) Finalmente, con el apagado del motor se esperó la filtración final del agua hacia la cámara de recolección para realizar el recojo de las muestras, las cuales fueron etiquetadas de acuerdo a protocolos establecidos según normas técnicas.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Por tratarse de ser una variable cuantitativa, continua y paramétrica; cuya escala de medición es la razón, se utilizó un análisis descriptivo donde se determinó con la técnica estadística de la media aritmética y porcentajes, en la cual se utilizaron diagramas de barras y diagrama tipo pastel para una mejor objetividad. Por otro lado, se realizó un análisis inferencial o analítica mediante la prueba "T" student; debido a que el análisis de datos estuvo ligado a la hipótesis.

### **3.7. Aspectos Éticos**

Se rigió por el código de ética de la Universidad Cesar Vallejo, según la Ley Universitaria 30220 dada en la resolución de Consejo Universitario N°0126-2017/UCV con fecha 23 de mayo de 2017; en donde aseguraron los principios éticos, bienestar y autonomía en los investigadores. Se tomó consigo los derechos de los autores, exteriorizando de manera propia esta investigación, incluyendo a ello la citación de manera correcta según las normas ISO 690. Por ende, se respetó con autenticidad los resultados según lo establecido por la Normas Técnicas ASTM y los Estándares de Calidad del Agua (ECA) referido a los parámetros de calidad del agua para consumo humano.

Por eso mismo, uno de los aspectos éticos que se tomó en cuenta es el respeto por *la autonomía*, debido a que los autores de la presente investigación estuvieron totalmente comprometidos con el desarrollo de la misma; por ende, su objetivo final fue llegar a solucionar el problema existente con la propuesta planteada en el proyecto.

Asimismo, se aplica *la beneficencia*, porque los involucrados en el proyecto tendrán una mejor calidad de vida debido a la mejora de la calidad del agua.

Por último, se aplica *la justicia*, ya que buscó beneficiar a las poblaciones rurales del sector Ticapampa que tengan un recurso hídrico de la misma calidad que lo tienen las zonas urbanas.

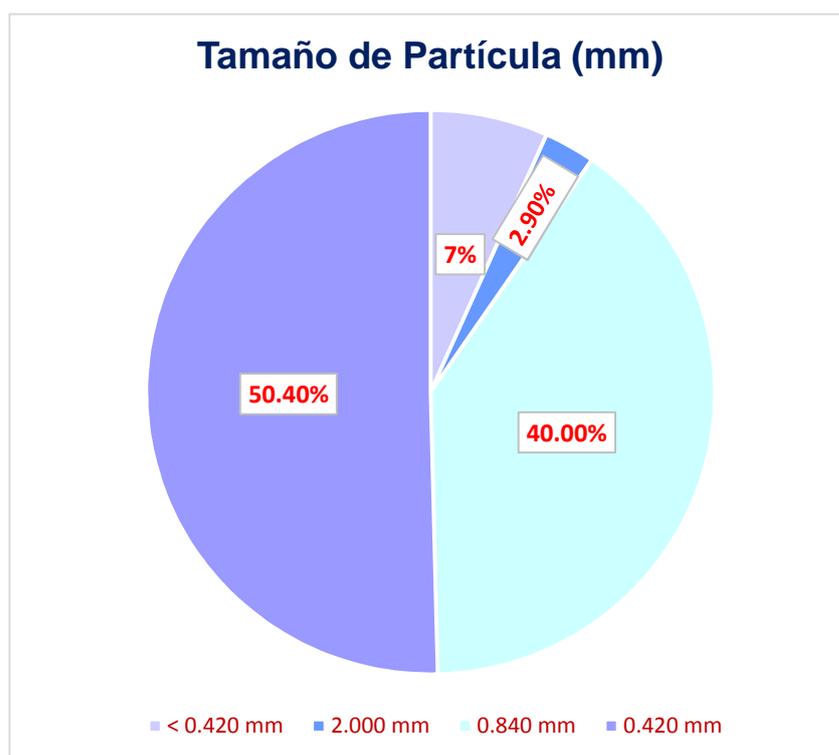
## IV. RESULTADOS

### 4.1. PRIMER OBJETIVO: Resultados de las características de los residuos de café.

#### 4.1.1. Distribución porcentual del tamaño de partícula del residuo de café

En la tabla se muestra la distribución porcentual del residuo de café según el tamaño de los tamices utilizados.

Gráfico N°1. Distribución porcentual del tamaño de partícula residuo de café.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

#### Descripción:

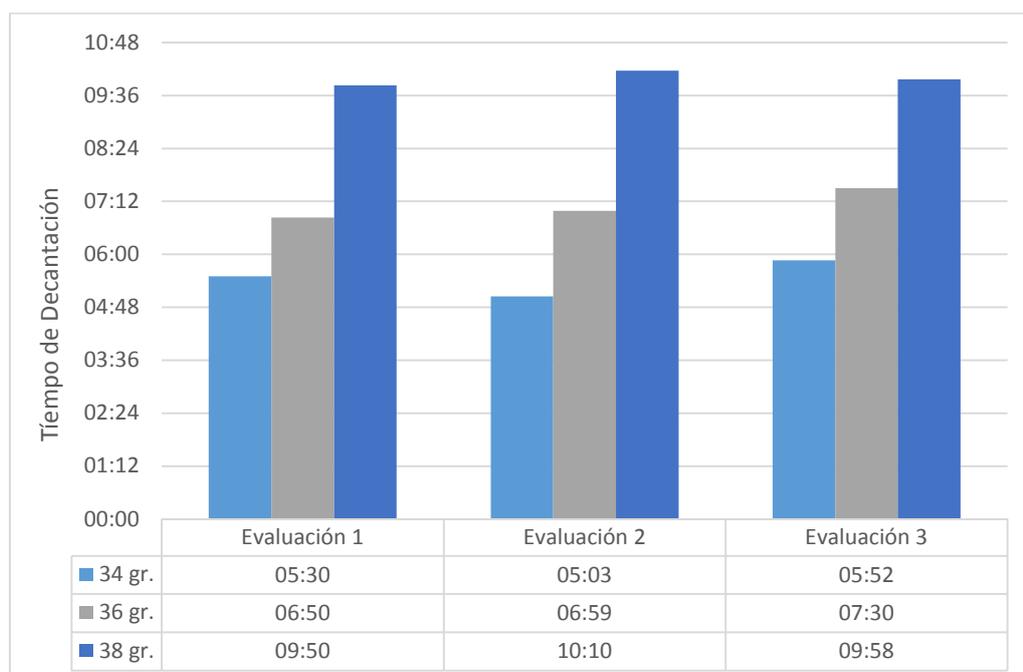
Se pudo observar que la mayor parte del porcentaje de las partículas retenidas fueron en las mallas 20 y 40, que está entre un tamaño de 0.840 mm y 0.420 mm; pese a que el café molido fino

tiende a tener un mayor porcentaje de partículas menores a 0.420 mm. Esto se debe a que parte de las partículas se perdieron con el consumo del café porque al realizar la extracción del café soluble, su distribución porcentual es congruente a su rendimiento y al método empleado para su consumo.

#### 4.1.2. Tiempo de decantación del residuo de café

El tiempo de decantación se evaluó tres veces y a su vez se dividió en 3 grupos acatando la cantidad de residuos de café que se le añadió en el agua.

Gráfico N°2. *Tiempo de decantación del residuo de café.*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

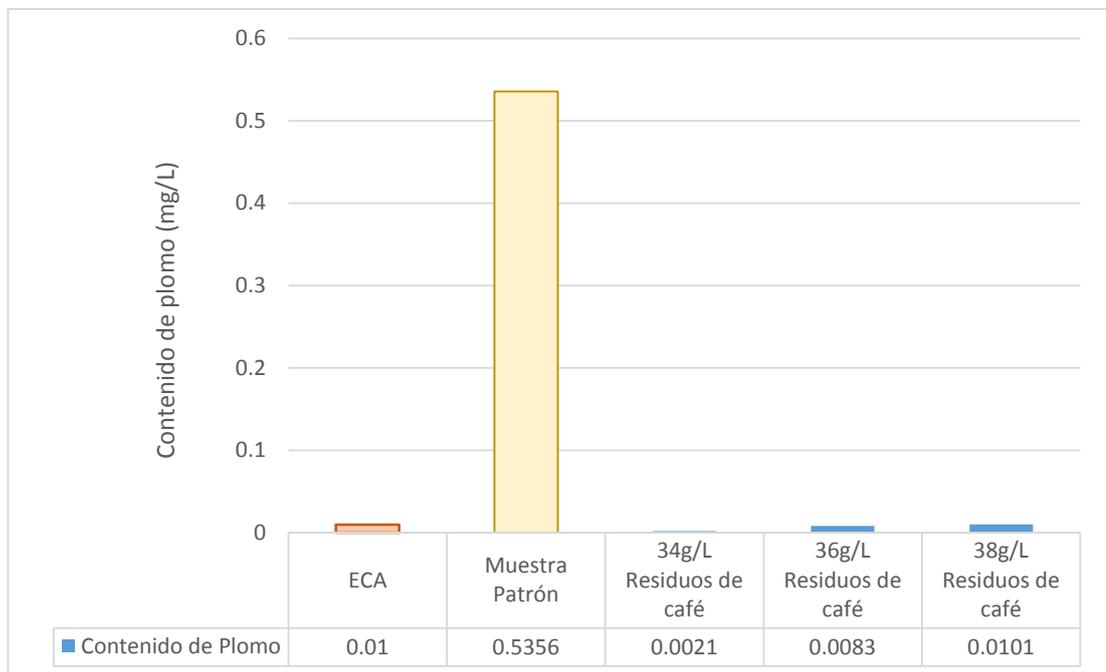
#### Descripción:

Se llegó a observar que el tiempo de decantación del residuo de café fue mayor en las muestras que tienen una mayor cuantía de residuos de café, con lo que se concluyó que de manera general los residuos de café pueden decantarse en un tiempo promedio de 11 minutos.

#### 4.2. SEGUNDO OBJETIVO: Resultados del porcentaje de remoción óptima, utilizando 34 g/L, 36 g/L y 38 g/L de residuo de café.

A continuación, se muestra el contenido de plomo tanto en la muestra patrón como en las muestras experimentales, y lo establecido por los Estándares de Calidad del Agua.

.Gráfico N°3. Comparación del contenido de plomo entre la muestra control, las muestras experimentales y el ECA.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

#### Descripción:

En el gráfico, se pudo observar que el agua contiene una elevada cantidad de plomo que supera largamente a lo establecido por el ECA, sin embargo, cuando el agua fue tratada mediante el biofiltro con los residuos de café, la cantidad de plomo descendió significativamente, hasta el punto que están por debajo de lo indicado en el ECA.

#### 4.2.1. Calculando remoción de plomo con 34g/L

$$e = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

$$e = \frac{0.5356 \text{ m /l} - 0.0021 \text{ m /l}}{0.5356 \text{ m /l}} \times 100$$

$$e = 99.61\%$$

#### 4.2.2. Calculando remoción de plomo con 36g/L

$$e = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

$$e = \frac{0.5356 \text{ m /l} - 0.0083 \text{ m /l}}{0.5356 \text{ m /l}} \times 100$$

$$e = 98.45\%$$

#### 4.2.3. Calculando remoción de plomo con 38g/L

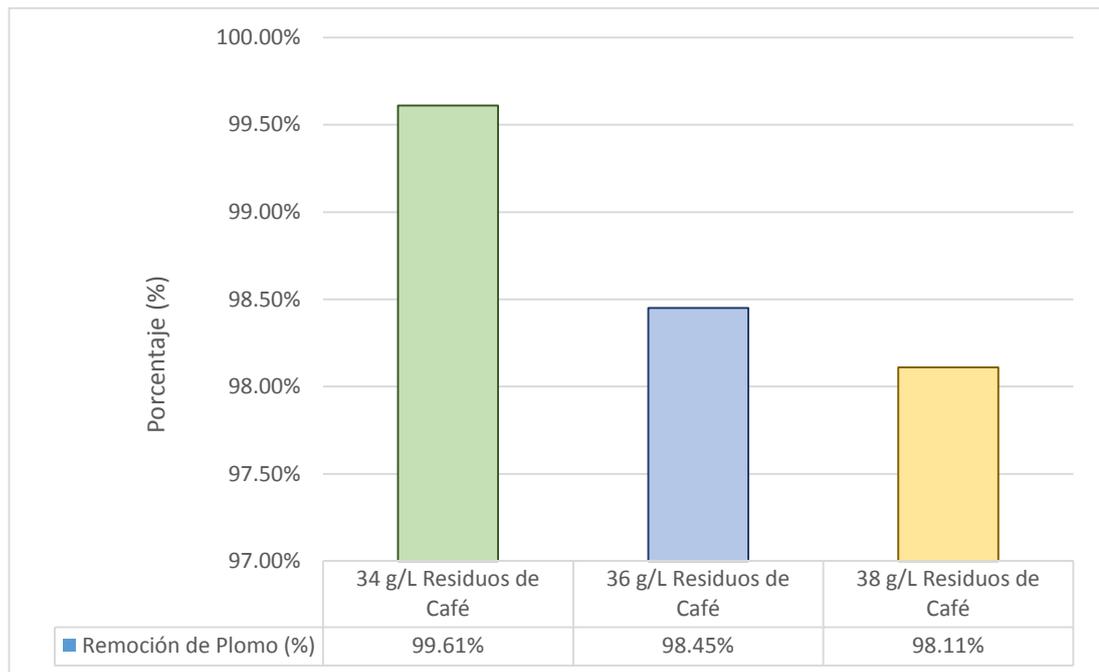
$$e = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

$$e = \frac{0.5356 \text{ m /l} - 0.0101 \text{ m /l}}{0.5356 \text{ m /l}} \times 100$$

$$e = 98.11\%$$

Seguidamente, se muestra los porcentajes de remoción de plomo que se ha obtenido de cada dosificación.

Gráfico N°4. Remoción de plomo usando los residuos de café.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Descripción:**

En el gráfico, se pudo apreciar que el porcentaje de remoción de plomo del agua del río Santa, sector Ticapampa, al procesarla con el biofiltro, se obtuvo elevados porcentajes de remoción de plomo para las tres dosificaciones de los residuos de café, resultando que la dosificación de 34 gramos de residuos de café es la óptima para el presente trabajo de investigación, el cual alcanzó el 99.61% de remoción de plomo.

**4.3. TERCER OBJETIVO: Resultados de la capacidad de bioadsorción, utilizando 34 g/L, 36 g/L y 38 g/L de residuo de café.**

**4.3.1.** Calculando la capacidad de bioadsorción del café en una dosis de 34 gramos.

$$q_t = \frac{(C_1 - C_t)}{m} \times V$$
$$q_t = \frac{(0.5356 \text{ m /l} - 0.0021 \text{ m /l})}{34 \text{ g}} \times 1034 \text{ m}$$
$$q_t = 16.22 \text{ m /g}$$

**4.3.2.** Calculando la capacidad de bioadsorción del café en una dosis de 36 gramos.

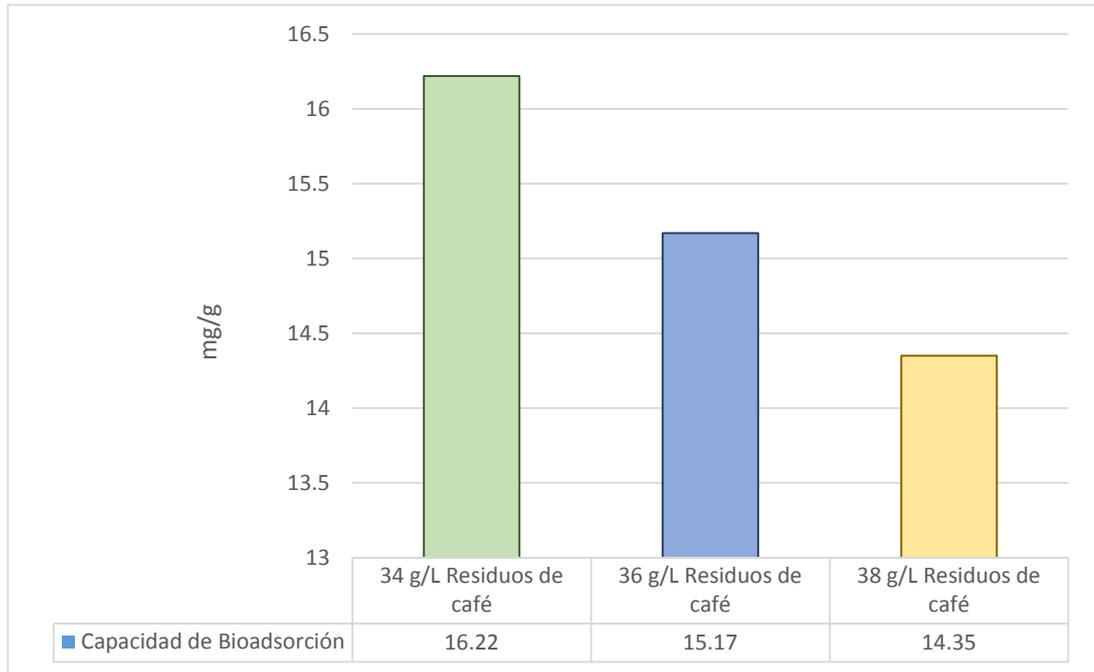
$$q_t = \frac{(C_1 - C_t)}{m} \times V$$
$$q_t = \frac{(0.5356 \text{ m /l} - 0.0083 \text{ m /l})}{36 \text{ g}} \times 1036 \text{ m}$$
$$q_t = 15.17 \text{ m /g}$$

**4.3.3.** Calculando capacidad de bioadsorción del café en una dosis de 38 gramos.

$$q_t = \frac{(C_1 - C_t)}{m} \times V$$
$$q_t = \frac{(0.5356 \text{ m /l} - 0.0101 \text{ m /l})}{38 \text{ g}} \times 1038 \text{ m}$$
$$q_t = 14.35 \text{ m /g}$$

A continuación, se muestra en resumen la capacidad de bioadsorción que tiene cada dosificación de residuos de café.

Gráfico N°5. Capacidad de bioadsorción de los residuos de café.



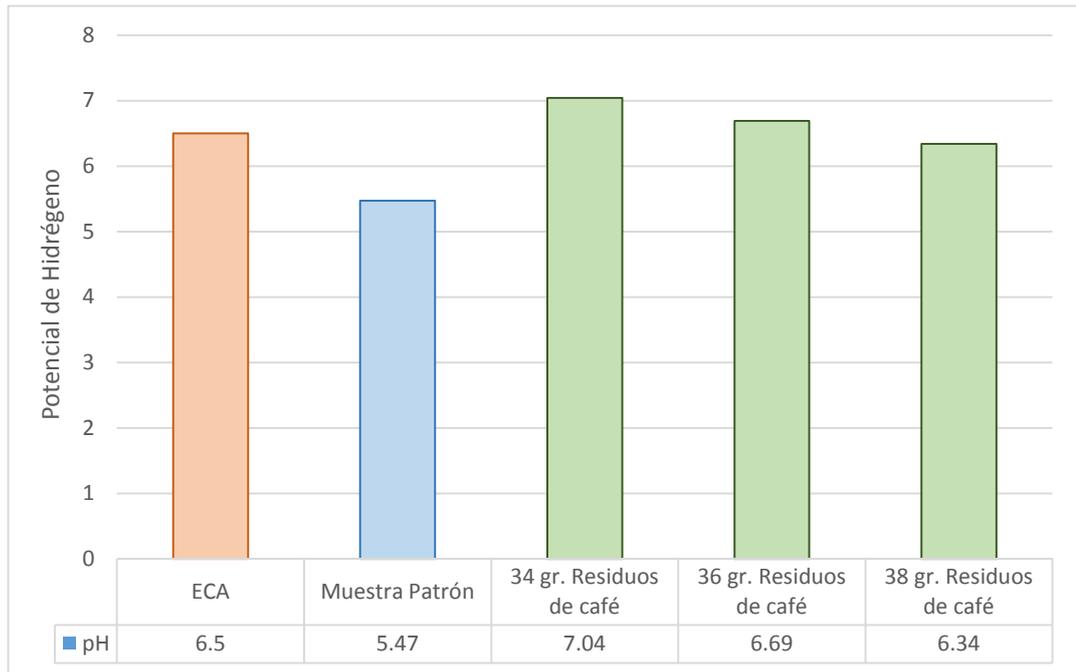
**Descripción:**

En el gráfico, se mostró que con la dosificación de 34 gramos de residuo de café por litro de agua, se logró la mayor cantidad de bioadsorción de las moléculas de plomo por las partículas de los residuos de café.

**4.4. CUARTO OBJETIVO: Resultados del porcentaje del potencial de hidrógeno del agua del río Santa utilizando 34 g/L, 36 g/L y 38 g/L de residuo de café.**

En la figura se observa los potenciales de hidrógeno de la muestra control, de las muestras experimentales (34gr., 36gr. y 38gr. de residuos de café); y el pH establecido por el ECA.

Gráfico N°6. pH de muestra patrón, muestras experimentales y lo establecido por el ECA.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Descripción:**

En la figura se aprecia, que la muestra patrón tiene valor de pH inferior al límite mínimo permisible por el ECA, por lo tanto no es apta para consumo. De otro lado, se aprecia que con el tratamiento de residuos de café para una dosis de 34 g/l se logra un pH igual a 7.04 (valor neutro del pH).

#### 4.5. DETERMINACIÓN DE LA T DE STUDENT

Tabla N°2: Cantidad de plomo en el agua según proporciones de residuos de café. Río Santa - Sector Ticapampa.

Residuo de café	Cantidad de plomo		Diferencia
	Antes	Después	
34 gramos/litro	0.5356	0.0021	0.5335
36 gramos/litro	0.5356	0.0083	0.5273
38 gramos/litro	0.5356	0.0101	0.5255
<b>Media</b>	0.5356	0.00683	0.5288

Fuente: Elaboración propia, 2020.

$$t = 218.225 \quad p=0.000 \quad p<0.05$$

#### Descripción:

Después de aplicar la prueba de hipótesis t- Student para muestras relacionadas y  $p<0.05$  ( $p=0.000$ ) podemos decir que la media de las diferencias (0.5288 Gramos/Litros) antes y después de aplicar una proporción de residuos de café en el prototipo de biofiltro es diferente de 0, por lo que podemos indicar que la adición de una proporción de residuos de café en el prototipo de biofiltro es efectivo para reducir la cantidad de plomo en el agua del Río Santa, Sector Ticapampa; demostrando que la hipótesis planteada ha sido alcanzada con éxito.

## V. DISCUSIÓN

La finalidad de esta investigación fue determinar si el prototipo de biofiltro con residuos de café podría utilizarse como un adsorbente natural para la remoción de plomo, donde luego de realizar el experimento se determinó cuál de las tres dosificaciones llegó a ser un potencial bio-adsorbente con la capacidad de obtener un mayor porcentaje de remoción de plomo y así dar con la respuesta a nuestro problema planteado y verificar la hipótesis hecha.

Para llegar a aseverar lo dicho anteriormente, los residuos de café fueron sometidos a pruebas iniciales, los cuales tuvieron el objetivo de realizar la caracterización de los residuos de café, para luego ser sometidos a experimento y llegar a evaluar el potencial de bioadsorción de cada dosificación de la biomasa; donde se obtuvo que:

Mediante el análisis granulométrico se demostró que la mayor parte del porcentaje de las partículas retenidas fueron en las mallas 20 y 40, que está entre un tamaño de 0.840 mm y 0.420 mm; lo cual representa el 90.40% del total del café, lo que demuestra sin duda que gran cantidad de material fino se puede recuperar, garantizando una mayor adsorción del plomo con las partículas del café; puesto que llega a contar con una mayor área de contacto, tal como lo establecen las últimas investigaciones hechas por la revista ACS Sustainable Chem en EE. UU (2016, p.6), los cuales experimentaron los adsorbentes que contiene el café para remover iones metálicos en una solución; para lo cual utilizaron partículas muy pequeñas de cenizas de polvo de café, en donde se obtuvo una remoción de 90%, lo que comprobó que existe un alto índice de adsorción y mayor atracción de este metal. Por otro lado, discrepa con lo dicho por Ángeles (2016), en donde el autor indica que la borra de café fino se designa cuando hay más del 51% del peso corresponde a un tamaño menor o igual a 0.420 mm (malla 40).

Por otro lado, con respecto al porcentaje de remoción óptima de plomo usando residuos de café con una dosis de 34g/L, 36g/L y 38g/L de agua del río, se obtuvieron el 99.61%, 98.45% y 98.11% respectivamente, demostrándose de esta manera, que la dosis de residuo de café y su eficiencia de remoción tienen

una relación indirectamente proporcional, lo cual se condice con la tesis de Chávez (2018, p. V), donde reporta una relación entre la dosis y la eficiencia de remoción, obteniendo que al utilizar 50 mg/L y 70 mg/L de residuos de café se obtuvo 60.50% y 48.75% de remoción de plomo respectivamente. Y para este caso que la dosis optima fue 34 gramos, cuya eficiencia de remoción es de 99.61%.

Respecto a la capacidad de bio-adsorción usando los residuos de café que se obtuvo para plomo con una dosis de 34g, 36g y 38g de residuo de café fue de 16.22 mg/g, 15.17 mg/g y 14.35 mg/g respectivamente, demostrándose de esta manera que la dosis de residuo de café y su capacidad de bio-adsorción tienen una relación indirectamente proporcional; lo cual se coincide en la tesis de Ángeles (2016), que al emplear borra de café molido fino en una solución estándar con un tiempo de residencia óptima de 2 horas, llega a obtener una relación entre la dosis y la capacidad de bio-adsorción, donde al usar 60 gramos de café molido fino, obtuvo una capacidad de bio-adsorción de 3.65 mg/g. Y para este caso, que la dosis optima es menor (34 gramos), cuya capacidad de bio-adsorción es de 16.22 mg/g.

Por otro lado, con respecto a los ensayos sobre la variación del pH del agua sin tratar con la tratada con residuos de café, se alcanzó como consecuencia que el pH tiende a subir intemperadamente, debido a que tuvo una variación en un rango de 0.87 a 1.57 según la dosificación de residuos de café utilizado; teniendo en cuenta que el pH inicial del agua estuvo por debajo de los parámetros del ECA (2018), el cual establece que para que el agua sea considerada de consumo humano debe tener un pH relativo entre 6.5 a 8.0. a raíz de lo dicho, el ECA condice a la investigación, puesto que se aprecia que con el tratamiento de residuos de café para una dosis de 34 g/l se logra un pH igual a 7.04, el cual llega a tener el valor neutro del pH y es el ideal para consumo humano. Por otra parte, se logra determinar que la relación entre la dosificación y el nivel de pH es indirectamente proporcional, debido a que usando residuos de café con una dosis de 34g/L, 36g/L y 38g/L de agua del río, se obtuvieron los pH de 7.4, 6.69 y 6.34 respectivamente; lo cual se condice con tesis de Chacaltana (2018),

donde usando residuos de café con una dosis de 10g/L, 20g/L y 30g/L de agua del río, se obtuvieron los pH de 6.37, 6.35 y 6.28 respectivamente.

Asimismo se observó que mediante el uso de las investigaciones y con los experimentos realizados se obtuvieron resultados favorables de esta manera comprobando la hipótesis; la remoción de plomo con residuos de café, afirmando que nuestra metodología de investigación aplicada, fue la adecuada, las conclusiones a las que llegamos al poner en práctica y al amplificar los conocimientos teóricos, nos resultó con el tipo de investigación aplicada teniendo como referencia a Carrasco (2013) dándole solución al problema planteado y respuesta a la hipótesis, al manipular la variable independiente y teniendo en cuenta los posibles efectos que experimente para este caso usamos el diseño cuasi-experimental referenciando a Hernández (2014), trabajamos en este diseño con un grupo control que se obtendrá de los puntos afectados por la contaminación de metales pesados en el agua del Río Santa Sector Ticapampa-Ancash y el grupo experimental donde los objetos de estudios son el agua con y sin residuos de café. Por lo que al aplicar este método, teniendo en cuenta las bases teóricas ya expuestas obtuvimos unos resultados favorables a nuestra investigación, comparando los resultados obtenidos mediante la experimentación en el grupo patrón y experimental obtuvimos que las cantidades de plomo en el agua en el grupo patrón excedían los estándares mínimos que permitidos por el ECA, al experimentar con los residuos de café los resultados variaron casi a un 100%, observando que las pruebas a las que fue expuesto el grupo experimental obtuvo la variación esperada por los investigadores según las bases y referencias teóricas hechas otros investigadores.

Finalmente el Prototipo de biofiltro con residuos de café para remoción de plomo del agua del río Santa, sector Ticapampa, se diseñó para un uso constante y ser llevado a escalas mayores de acuerdo al número que pueda haber en la población usuaria, de bajos recursos y sobre todo lo principal que es remover los metales pesados que hay en el agua que usaran para consumo, teniendo en cuenta que ahora el agua que usan no es para consumo humano según los estándares establecidos por el ECA. En la construcción del prototipo, se construyó con materiales con gran adaptabilidad a los cambios de temperatura,

su diseño y ergonomía fue pensado para ser llevada a cabo a una escala mayor como podrían ser plantas de tratamiento de acuerdo al diseño del prototipo y así obtener los mismo resultados favorables con cambios de materiales , con el fin que tenga la misma función y resistencia de acuerdo al lugar donde sea ubicado, funcionando de manera adecuada siendo solo un diseño de construcción y solo cambiar los materiales con respecto a la escala y adaptabilidad que deba tener en el lugar de posicionamiento, pensado en esto y que futuros investigadores lleven a cabo investigaciones referenciadas a los autores de este prototipo, con el fin de tener en cuenta las escalas a las que pueden ampliarse, con el material orgánico principal de remoción de plomo el cual es la borra o residuos de café o el material orgánico de investigación que estén llevando en su investigación. En cuanto a los resultados obtenidos por el prototipo de residuos de café fueron favorables e incluso más de los esperados obteniendo el porcentaje de remoción óptimo, cumpliendo con los estándares del ECA y por otro lado el pH que se obtuvo fue también el óptimo, quedando comprobado la eficiencia el Prototipo de Biofiltro para remoción de Plomo.

Después de aplicar la prueba de hipótesis t- Student para muestras relacionadas y  $p < 0.05$  ( $p = 0.000$ ) podemos decir que la media de las diferencias (0.5288 Gramos/Litros) antes y después de aplicar una proporción de residuos de café en el prototipo de biofiltro es diferente de 0, por lo que podemos indicar que la adición de una proporción de residuos de café en el prototipo de biofiltro es efectivo para reducir la cantidad de plomo en el agua del Río Santa, Sector Ticapampa; demostrando que la hipótesis planteada ha sido alcanzada con éxito. Es importante indicar que nos encontramos frente a un caso de un experimento de comparación de dos tratamientos con datos apareados o correlacionados, los cuales son datos son heterogéneos pero es factible conformar parejas homogéneas o gemelas. Para ello, en este caso se quiere comparar dos tratamientos para medir la cantidad de plomo en el agua del río Santa, sector Ticapampa.

Asimismo, se puede decir que la metodología empleada en la experimentación ha sido la más adecuada, debido a que el biofiltro se diseñó en base a los estándares mínimos que debe cumplir una planta de tratamiento de agua

potable, es decir que tiene la cámara de mezcla, la estructura de tiempo de contacto y retención de sólidos, y finalmente la estructura de recolección, esto se demuestra debido a que el porcentaje de remoción ha sobrepasado lo planteado en la hipótesis (99%>90%). Por otra parte, el biofiltro tiene un costo relativamente bajo con respecto a los equipos existentes, en las cuales se emplean técnicas como electrocoagulación, coagulación-floculación y otros; esto se debe a que los materiales con los que se construyen son generalmente propios de la zona y el bajo costo.

Sin embargo, como todo proyecto, presenta debilidades como el color que toma el agua debido al residuo de café, las cuales posteriormente se debe buscar la forma de eliminar el color y volverla incolora. Además, si bien es cierto, los residuos de café existen en moderada magnitud en las ciudades capitales, su traslado hacia la zona de utilización tiene un costo significativo.

De igual de forma, la investigación tiene una gran relevancia científica social, debido a que se ha demostrado que los residuos de café, tiene una gran capacidad de adsorción a las partículas de plomo disuelto en el agua, lo cual facilita que su uso mejore la calidad de vida de poblaciones especialmente rurales, que por los bajos recursos no pueden acceder a tecnologías de punta existentes para este fin como se hizo mencionar anteriormente.

## VI. CONCLUSIONES

1. La principal característica del residuo del café como bio-adsorbente es la porosidad, puesto que por medio del análisis granulométrico de este, se observó que la mayor concentración de partículas se encuentra en las mallas 20 y 40, en un porcentaje que representa el 90.40% del total de la muestra; esto evidencia que contiene más partículas pequeñas, lo cual favorece al proceso de adsorción, puesto que las partículas al unirse forman una serie de vacíos, generando mayor área de contacto con el agua.
2. Asimismo, referente al porcentaje de remoción óptima, se pudo demostrar que la dosificación de 34 gramos por litro de agua llega a ser el óptimo porcentaje obteniendo una eficiencia de remoción de 99.61%.
3. Por otro lado, la capacidad de bioadsorción utilizando 34 g/L, 36 g/L y 38 g/L de residuo de café fue de 16.22 mg/g, 15.17 mg/g y 14.35 mg/g respectivamente, llegando a concluir que dichas dosificaciones tienen una capacidad de bioadsorción significativa.
4. Por último, con respecto al potencial de hidrógeno del agua del río Santa utilizando 34 g/L, 36 g/L y 38 g/L de residuo de café fue de 7.4, 6.69 y 6.34 respectivamente; en donde las dos primeras dosificaciones están entre los parámetros de valores establecidos por el ECA, la cual estableció que para que el agua sea admisible para consumo humano debe tener un pH entre un parámetro de 6.5 a 8.5.
5. En conclusión, el porcentaje de remoción de plomo del agua del río Santa, sector Ticapampa, con el bio-filtro con residuos de café, Ancash fue de 99.61%.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los estudiantes que quieran seguir con la investigación que:

1. En este tipo de investigación para obtener mejores resultados de remoción de plomo deben realizarse ensayos con distintas proporciones de residuos de café a fin de determinar el porcentaje óptimo de remoción.
2. Los residuos de café deben conformarse por partículas casi del mismo tamaño con la finalidad de que al unirse formen gran cantidad de vacíos esto permitirá que el agua con los residuos tenga una mayor área de contacto.
3. A fin de llevarlo a la parte aplicativa debe elaborarse filtros colocados en serie a fin de que el agua en movimiento tenga el tiempo necesario para que al entrar en contacto con el filtro permita retener el plomo por el proceso de adsorción.
4. Para obtener un porcentaje de remoción mayor, se necesita hacer un pre-tratamiento al residuo de café con agua procesada, la cual ayudará a remover impurezas que puedan tener los residuos del café.

## REFERENCIAS

ALARCÓN, Alejandro y FERRERA, Ronald. Biorremediación de suelos y aguas contaminadas con compuestos orgánicos e inorgánicos. México: Trillas, 2016. 333 pp.

ISBN: 978-607-17-1617-0

ALVARADO, Luis. Remoción de plomo y arsénico del Rio Santa, Recuay–Ticapampa usando 6g y 12g de polvo de pepa de aceituna, Ancash-2020. Tesis (Profesional en Ingeniería Civil). Chimbote, Perú: Universidad San Pedro, 2020. 109 pp.

ALVARADO, Ana y GÓMEZ, Denise. Estudio preliminar de la retención de plomo en agua a partir de cascaras de Musa sapientum (banano) utilizadas como filtro. Tesis de grado (Licenciatura en Química y Farmacia). San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador, 2013. 93 pp. [Fecha de consulta: 20 abril 2020].

Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/5104/1/TESIS%20COMPLETA.pdf>

ANA. Informe técnico de resultados del monitoreo de la calidad de agua en la cuenca del río Chancay Huaral y litoral marino costero del mar de Chancay – 2017. Autoridad Nacional del Agua. Huaral, Noviembre 2017.

ANA. Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales [en línea]. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. San isidro, Lima. 2016. [Fecha de consulta: 17 de abril del 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/ChhGpvb>

ANA. Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales [en línea]. Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA. San Isidro, Lima. 2018. [Fecha de consulta: 08 de abril del 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/UhhGsgU>

ÁNGELES, Luis. Isotermas de adsorción de cationes metálicos en solución acuosa mediante borra de café peruano. Informe final del proyecto de investigación. Perú: Universidad Nacional del Callao, 2016. .35 p. [Fecha de consulta: 17 de abril del 2020]

Disponible en: <https://cutt.ly/ehhGfNR>

BASUALDO, Goannie y YACILA, Juan. Determinación de Arsénico y Cadmio en aguas del río Rímac y habas cultivadas en el distrito de San Mateo de Huánchor de la Región de Lima. Tesis (Profesional en Químico Farmacéutico) [en línea]. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015. [Fecha de consulta: 05 abril 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/dhhGhjs>

CAVIEDES, Diego et al. Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. Revista Ingeniería y Región. Vol.13 N° 1:73-90, 2015.

CORZO, Amelia. Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima. Tesis (Magister en Desarrollo Ambiental) [en línea]. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015. 158 p. [Fecha de consulta: 10 abril 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/5hhGjXU>

CABRERA, Luis. Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de tomate de árbol (SALUNUM BEATACEUM) [en línea]. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2017. [Fecha de consulta: 05 abril 2020].

Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/>

CARRASCO, Sergio. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. Perú: Editorial San Marcos EIRLTDA, 2019. 476 pp.

ISBN: 978-9972-38-344-1

CHACALTANA, Gianluigi. Uso de borra de café como bioadsorbente para la remoción de cadmio y plomo disuelto en el agua del río Añasmayo sector la perla-Huaral. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. [Fecha de consulta: 02 septiembre 2020].

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/18614>

Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo 004- 2017 MINAM. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 7 de Junio del 2017. [Fecha de consulta: 1 de abril 2020]

Disponible en: <https://cutt.ly/jhnKBOE>

DÍAZ, Oscar. Diseño de productos celulósicos para el consumo de café en bebida a partir de la borra del café. Tesis (título de Diseñador Industrial). Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, 2009. [Fecha de consulta: 22 septiembre 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/vhhGceE>

DÍAZ, Walter. Contaminación del ecosistema en San Mateo de Huanchor por los pasivos ambientales minero metalúrgicos y su impacto en la salud de los pobladores. Tesis (Magíster en Gestión Integrada en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2016. 134 pp. [Fecha de consulta: 10 octubre 2020].

Disponible en: [http://200.62.146.130/bitstream/cybertesis/5045/1/Diaz\\_cw.pdf](http://200.62.146.130/bitstream/cybertesis/5045/1/Diaz_cw.pdf)

DOMINIGHINI, Claudio; MUSCIA, Lucas; CATALDI, Zulma et al. Analysis of Reverse Osmosis Membranes in the Treatment of Water for Human Consumption [en línea]. XVI Safety, Health and Environment World Congress. COPEC: Brazil, 2016. [Fecha de consulta: 02 septiembre 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/NhhGbhF>

DOI 10.14684/SHEWC.26.2016.123-129

ERÓSTEGUI, Carlos. Contaminación por metales pesados [en línea]. Revista Científica Ciencia Médica. Volumen 12, No 1: 2009. [Fecha de consulta: 08 octubre 2020].

Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/pdf/rccm/v12n1/v12n1\\_a13.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rccm/v12n1/v12n1_a13.pdf)

FRAGOULI, Despina et al. Bioelastomeric Composite Foams for the Removal of Pb<sup>2+</sup> and Hg<sup>2+</sup> from Water [en línea]. Revista ACS Sustainable Chem. Eng., 2016, 4 (10), pp 5495–5502. Setiembre 2016. [Fecha de consulta: 1 septiembre 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/lhhGnDv>

GAUSS, Martin; CÁCERES, Vidal y FONG, Nestor. Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades [en línea]. Honduras: Azer Impresos, 2006. [Fecha de consulta: 07 julio 2020]. Disponible en: <https://www.wsp.org/sites/wsp.org/files/publications/biofiltro.pdf>

GIL, Percy. Diseño de un biofiltro mucilago de tuna (opuntia ficus - indica) para remover arsénico. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Perú: Universidad San Pedro, 2018. [Fecha de consulta: 05 abril 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/yhhGm6o>

GUTIÉRREZ, Susana. Estudio de la bioadsorción de Cadmio y Plomo con biomasa de Serratia mercrescens M8a-2T, a nivel laboratorio. Tesis (Doctor en Ciencias Biológicas). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015. 99 p. [Fecha de consulta: 10 mayo 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/dhhGWoe>

HÉRNANDEZ Sampieri, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la Investigación [en línea]. Quinta edición. México D.F., México: McGRAW-HILL, 2014. [Fecha de consulta: 07 octubre 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/ZhhGRqs>  
ISBN: 978-607-15-0291-9

LAGOS, Lesly. Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local. Tesis (Licenciado en Química). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016. 75 p. [Fecha de consulta: 10 mayo 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/khhGYq7>

LARA, Jose et al. Adsorción de Plomo y Cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao [en línea]. Colombia: Universidad del Valle, 2016. [Fecha de consulta: 05 agosto 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/fhhGURA>

MALLAMPATI, Ramakrishna y VALIYAVEETTIL. Application of tomato peel as an efficient adsorbent for water purification - alternative biotechnology? [en línea]. Singapur: Royal Society of Chemistry, 2016. [Fecha de consulta: 15 abril 2020].

Disponible en: <https://pubs.rsc.org/>

MEDELLÍN, Nahum; HERNÁNDEZ, Miriam; SALAZAR, Jacob; LABRADA, Gladis y ARAGÓN, Antonio. Bioadsorción de plomo (ii) presente en solución acuosa sobre residuos de fibras naturales procedentes de la industria ixtlera (Agave lechuguilla torr. Y Yucca carnerosana (trel.) mckelvey). Revista Internacional de Contaminación Ambiental [en línea]. Vol. 33 N° 2:269- 280, 2017. [Fecha de consulta: 01 octubre 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/YhhGOgK>

DOI: 10.20937/RICA.2017.33.02.08

MESTANZA, María. Estudio de materiales adsorbentes para el tratamiento de aguas contaminadas con colorantes. Tesis doctoral. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid, 2012. 318 p. [Fecha de consulta: 01 octubre 2020].

Disponible en: <http://eprints.ucm.es/15692/1/T33799.pdf>

MORENO, Astrid. Estudio de diferentes bioadsorbentes como posibles retenedores de fosfatos en aguas. Tesis de maestría (Magister en Ciencias - Química). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2013. 98 pp. [Fecha de consulta: 22 octubre 2020].

Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/42905/1/52978683.2013.pdf>

MORENO, Edmundo et al. Determinación interactiva de metales totales en las aguas de la bahía interior del Lago Titicaca- Puno Perú. Revista de Investigación Altoandina [en línea]. Vol. 19 N° 2: 125 – 134, abril- Junio 2017. [Fecha de consulta: 17 septiembre 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/GhhGPIF>

ISSN Impreso: 2306-8582, ISSN Online: 2313-2957

NGUYEN, T.A.H. et al. Applicability of Agricultural Waste and by-Products for Adsorptive Removal of Heavy Metals from Wastewater [en línea]. Bioresource Technology. Sydney, 2013, vol. 148, pp.574–585. [Fecha de consulta: 01 abril 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/hhhGAHg>

PACHECO, Myriam; PIMENTEL, Jorge; ROQUE, Wilfredo. Cinética de la bioadsorción de iones cadmio (II) y plomo (II) de soluciones acuosas por biomasa residual de café (Coffea arábica L.) Revista de la Sociedad Química del Perú [en línea]. Vol.n.3, 2016. Lima, Perú [Fecha de consulta: 19 junio 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/3hhGS8k>

ISSN versión impresa: 1810-634X

RAMÍREZ, Lissette. Propuesta de desarrollo de un biofiltro para remoción de plomo en el agua de consumo de los pobladores del recinto Yurima – Daule. Tesis (Bachiller en Ingeniería Ambiental). Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2017. [Fecha de consulta: 01 octubre 2020].

Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/21020>

REYES, Yulieth C. et al. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo [en línea]. Vol. 16 N° 2, Julio-Diciembre 2016, pp. 66-77, Sogamoso-Boyacá. Colombia. [Fecha de consulta: 17 Setiembre 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/DhhGGUA>

ISSN Impreso: 1900-771X

ISSN Online: 2422-4324

ROMERO, José. La bio-adsorción en efluentes mineros con alta concentración de plomo y zinc utilizando la pepa de aceituna. Tesis (Magister en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. [Fecha de consulta: 11 mayo 2020].

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/24491>

SÁNCHEZ, Juan, et al. Bioadsorción simultánea de Plomo y cadmio en solución acuosa por biomasa de hongos *Penicillium* sp [en línea]. Universidad de Córdoba, Montería-Colombia, 2014. [Fecha de consulta: 07 Julio 2020].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4994546.pdf>

Sendekia Ingeniería. ¿Qué es un prototipo y para qué sirve? [en línea]. Revista Española diseño e industrialización de Ingeniería, Madrid: España, 2017. [Fecha de consulta: 07 octubre 2020].

Disponible en: <http://ww1.sendekia.com/que-es-un-prototipo-y-para-que-sirve/>

TUR-NARANJO, Enieyis et al. Bioadsorción de Plomo (II) por biomasa microbiana seca: efecto del pH [en línea]. Revista Cubana de Química, Santiago de Cuba: Cuba 2012. [Fecha de consulta: 07 julio 2020].

Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/4435/443543730010.pdf>

SCHULZ-BALDES, Hermann, et al. Field experiments on the fate of lead and chromium in an intertidal benthic mesocosm, the Bremerhaven Caisson [en línea]. Alemania: Biología Marina, 2014. [Fecha de consulta: 27 abril de 2020].

Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00406017>

URRIBARRI, A., ZABALA, A., SÁNCHEZ, J., ARENAS, E., CHANDLER, C., RINCÓN, M., GONZÁLEZ, E. Evaluación del potencial de la borra de café como materia prima para la producción de biodiesel. *Multiciencias* 14(2), 2014, pp.129-139.

VERA, Luisa; GARCÍA, Nancy; FLORES, Maritza y VÁSQUEZ, Verónica. Eliminación de los metales pesados de las aguas residuales mineras utilizando el bagazo de caña como biosorbente [en línea]. AFINIDAD LXXIII, 573, Enero - Marzo 2016. [Fecha de consulta: 13 Octubre 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/2hhGZOH>

VERDUGO, José. Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cascara de la mandarina (*Citrus reticulata* var. Clementina). Tesis de pregrado (ingeniero ambiental). Cuenca: Ecuador, Universidad Politécnica Salesiana, 2017. 115 p. [Fecha de consulta: 01 octubre 2020].

Disponible en: <https://cutt.ly/ohhGX4P>

VIZCAÍNO, Lissette y FUENTES, Natalia. Bioadsorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pre-tratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna [en línea]. Universidad de La Guajira, Colombia, 2014. [Fecha de consulta: 04 julio 2020].

Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v25n1/v25n1a04.pdf>

## ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES*	INDICADORES*	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Remoción de plomo (Variable Dependiente)</b>	Reyes et al (2016) “Remoción se define como la separación de metales pesados disueltos de un elemento líquido” (p.35).	Determinar la cantidad de plomo que tiene el agua del río Santa en el sector de Ticapampa. Para ello, se recogerá la muestra Insitu, la cual será llevada al laboratorio; cuyos resultados se plasmarán en un protocolo.	Composición química del agua.	Porcentaje de plomo.  pH	Razón.
	Reyes et al (2016) “El plomo disuelto es un metal que no puede ser degradado y tiene una alta persistencia” (p. 36).		Eficiencia de remoción de Plomo disuelto en agua.	Eficiencia de remoción  $\epsilon = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$	
			Cantidad de adsorción.	Porcentaje de plomo adherido.	
<b>Bio-filtro con residuos de Café (Variable Independiente)</b>	Tapia y Villavicencio (2007) “Un bio-filtro es también conocido como filtro biológico, que elimina compuestos contaminantes en los efluentes, además, de ser económico y contribuye con el cuidado ambiental” (p. 45)	Se añadirá al agua del río Santa en el sector de Ticapampa 34 mg/L, 36 mg/L y 38 mg/L. Se procesa por 60 minutos. Luego se llevará el agua al laboratorio para determinar la cantidad de plomo en el agua.	Capacidad de bio-adsorción del café.	Capacidad de bio-adsorción  $q_t = \frac{(C_i - C_t)}{m} \times x$	Razón.
			Dosis de residuo de café	Dosis 34g  Dosis 36g  Dosis 38g	
			Características de los Residuo de café	Granulometría de los Residuos de café  Tiempo de Decantación	

## ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO:** Prototipo de bio-filtro con residuos de café para remoción de plomo del agua del río Santa, sector Ticapampa, Ancash-2020.

**AUTOR:** Cerna Roldán Cinthia Celeste, Montes Roca Andy Junior

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES																
<p>¿En qué porcentaje será posible la remoción de plomo del agua del río Santa, sector Ticapampa, con el bio-filtro con de residuos de café?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Determinar el porcentaje de remoción de plomo del agua del río Santa, sector Ticapampa, con el bio-filtro con residuos de café, Ancash.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <p><b>Objetivo específico 1:</b> Determinar las características de los residuos del café.</p> <p><b>Objetivo específico 2:</b> Determinar el porcentaje de remoción óptima, utilizando 34 mg/L, 36 mg/L y 38 mg/L de residuo de café.</p> <p><b>Objetivo específico 3:</b> Determinar la capacidad de bioadsorción, utilizando 34 mg/L, 36 mg/L y 38 mg/L de residuo de café.</p> <p><b>Objetivo específico 4:</b> Determinar el porcentaje del potencial de hidrógeno del agua del río Santa utilizando 34 mg/L, 36 mg/L y 38 mg/L de residuo de café.</p>	<p>La remoción de plomo del agua del río Santa, sector Ticapampa, con el bio-filtro con de residuos de café sería de un 90%.</p>	<p><b>Variable 1:</b> Remoción de plomo</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Dimensiones</th> <th style="width: 50%;">Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Composición química del agua</td> <td>- Porcentaje de Plomo - pH</td> </tr> <tr> <td>Eficiencia de remoción de Plomo disuelto en agua.</td> <td>- Eficiencia de remoción <math display="block">e = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100</math></td> </tr> <tr> <td>Cantidad de adsorción</td> <td>- Porcentaje de plomo adherido.</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Variable 2:</b> Bio-filtro con residuos de Café</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Dimensiones</th> <th style="width: 50%;">Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Capacidad de bio-adsorción del café</td> <td>- Capacidad de bio-adsorción <math display="block">C_{af} = \frac{(C_1 - C_2)}{m} \times V</math></td> </tr> <tr> <td>Dosis de residuo de café</td> <td>- Dosis 34g - Dosis 36g - Dosis 38g</td> </tr> <tr> <td>Características de los Residuo de café</td> <td>- Granulometría de los Residuos de café - Tiempo de Decantación</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	Composición química del agua	- Porcentaje de Plomo - pH	Eficiencia de remoción de Plomo disuelto en agua.	- Eficiencia de remoción $e = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$	Cantidad de adsorción	- Porcentaje de plomo adherido.	Dimensiones	Indicadores	Capacidad de bio-adsorción del café	- Capacidad de bio-adsorción $C_{af} = \frac{(C_1 - C_2)}{m} \times V$	Dosis de residuo de café	- Dosis 34g - Dosis 36g - Dosis 38g	Características de los Residuo de café	- Granulometría de los Residuos de café - Tiempo de Decantación
Dimensiones	Indicadores																		
Composición química del agua	- Porcentaje de Plomo - pH																		
Eficiencia de remoción de Plomo disuelto en agua.	- Eficiencia de remoción $e = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$																		
Cantidad de adsorción	- Porcentaje de plomo adherido.																		
Dimensiones	Indicadores																		
Capacidad de bio-adsorción del café	- Capacidad de bio-adsorción $C_{af} = \frac{(C_1 - C_2)}{m} \times V$																		
Dosis de residuo de café	- Dosis 34g - Dosis 36g - Dosis 38g																		
Características de los Residuo de café	- Granulometría de los Residuos de café - Tiempo de Decantación																		



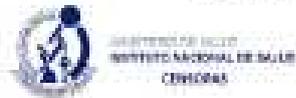
## Anexo II

### Etiqueta para Muestra de Agua

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:





## CONSTANCIA DE REGISTRO N° 063779-2020

EL MINISTERIO DE SALUD, A TRAVÉS DEL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD-INS, HACE CONSTAR MEDIANTE LA PRESENTE QUE:

EMPRESA	CORP.DE LAB.DE ENSAY.CLIN.BIO.E IND.SAC
RUC	20445123231
SECTOR	Ministerio de la Producción

HA REGISTRADO CON FECHA 18/06/2020 SU PLAN PARA LA VIGILANCIA, PREVENCIÓN Y CONTROL DEL COVID-19 EN EL TRABAJO, CONFORME A LO ESTABLECIDO EN LA R.M. 238-2020-MINSA Y SUS NORMAS MODIFICATORIAS.



732b7e4

José María, 18 de Junio del 2020

MINISTERIO DE SALUD  
¡La Salud Nos Une!

La información consignada en el COVID, tiene carácter de declaración jurada y ha sido enviada a las instancias de fiscalización correspondiente.



**CONSTANCIA DE REGISTRO N° 063779-2020**  
**LISTADO DE SEDES REGISTRADAS**

EL MINISTERIO DE SALUD, A TRAVÉS DEL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD-INS, HACE CONSTAR QUE HA(N) SIDO REGISTRADA(S) LA(S) SIGUIENTE(S) SEDE(S):

<b>ESTABLECIMIENTO</b>	<b>PRINCIPAL (000000)</b>
<b>DIRECCION</b>	<b>CAL HUANDÓY MZA. A LOTE 7 BUENOS AIRES ETAPA 1 (A MEDIA CARRERA DE LA SUB-REGION PACIFICO) ANCASH SANTA NUEVO CHIMBOTE NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH</b>
	<b>(*) ZONA DE ALTO RIESGO: SI</b>

José María, 18 de Junio del 2020

**MINISTERIO DE SALUD**  
**¡La Salud Nos Une!**

La información consignada en el COVID-19, tiene carácter de declaración jurada y ha sido remitida a las instancias de fiscalización correspondiente.

**(\*) ZONA DE ALTO RIESGO**

Se precisa que la entidad/empresa que ha registrado se encuentra en una zona definida de alto riesgo de exposición por COVID-19, conforme a la normalidad vigente. Por tanto, antes de la reanudación de sus actividades que ha declarado, DE DEBE contar con la resolución ministerial del sector correspondiente, que aprueba el inicio de actividades o unidades productivas.

**CONSULTA RUC: 20445133231 - CORP.DE LAB.DE ENSAY.CLIN.BIO.E IND.SAC**

<b>Número de RUC:</b>	20445133231 - CORP.DE LAB.DE ENSAY.CLIN.BIO.E IND.SAC		
<b>Tipo Contribuyente:</b>	SOCIEDAD ANONIMA CERRADA		
<b>Nombre Comercial:</b>	COLECBI S.A.C.		
<b>Fecha de Inscripción:</b>	06/11/2000	<b>Fecha Inicio de Actividades:</b>	01/11/2000
<b>Estado del Contribuyente:</b>	ACTIVO		
<b>Condición del Contribuyente:</b>	HABIDO		
<b>Dirección del Domicilio Fiscal:</b>	CAL.HUANDROY MZA. A LOTE. 7 BUENOS AIRES ETAPA 1 (A MEDIA CDRA DE LA SUB REGION PACIFICO) ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE		
<b>Sistema de Emisión de Comprobante:</b>	MANUAL	<b>Actividad de Comercio Exterior:</b>	SIN ACTIVIDAD
<b>Sistema de Contabilidad:</b>	MANUAL		
<b>Actividad(es) Económica(s):</b>	Principal - 7120 - ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS		
<b>Comprobantes de Pago c/aut. de impresión (F. 806 u 816):</b>	FACTURA BOLETA DE VENTA NOTA DE CREDITO NOTA DE DEBITO GUIA DE REMISION - REMITENTE		
<b>Sistema de Emisión Electrónica:</b>	DESDE LOS SISTEMAS DEL CONTRIBUYENTE. AUTORIZ DESDE 04/04/2017		
<b>Afiliado al PLE desde:</b>	01/01/2013		
<b>Padrones :</b>	NINGUNO		

## ANEXO 5: TABLAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla N°3.

*Granulometría de las partículas del residuo de café.*

<b>Mallas</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>% retenido</b>	<b>% que pasa</b>
<b>N° 4</b>	4.760	0.00	100.00
<b>N° 10</b>	2.000	2.90	97.10
<b>N° 20</b>	0.840	40.00	57.10
<b>N° 40</b>	0.420	50.40	6.70
<b>&lt; N° 200</b>		6.70	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla N°4.

*Tiempo de decantación del residuo de café.*

<b>Masa (g)</b>	<b>Tiempo de Decantación (min)</b>	<b>Tiempo Promedio (min)</b>
34	05:30	
34	05:03	05:28
34	05:52	
36	06:50	
36	06:59	07:20
36	07:30	
38	09:50	
38	10:10	10:13
38	09:58	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla N°5.

*pH y porcentaje de plomo de la muestra control en el agua del río Santa.*

<b>Muestra</b>	<b>pH Obtenido</b>	<b>pH según ECA</b>	<b>Plomo obtenido</b>	<b>Plomo permitido (ECA)</b>
Control	5.47	5.5 a 9.0	0.5356 mg/l	0.01 mg/l

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla N°6.

*pH y porcentaje de plomo de las muestras experimentales en el agua del río Santa.*

<b>Muestra</b>	<b>pH Obtenido</b>	<b>pH según ECA</b>	<b>Plomo obtenido</b>	<b>Plomo permitido (ECA)</b>
34 gramos/L	7.04	5.5 a 9.0	0.0021 mg/l	0.01 mg/l
36 gramos/L	6.69	5.5 a 9.0	0.0083 mg/l	0.01 mg/l
38 gramos/L	6.34	5.5 a 9.0	0.0101 mg/l	0.01 mg/l

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO



**.Imagen 1.** Punto de recolección del agua.



**.Imagen 2.** Relave mineros en Ticapampa.



**.Imagen 3.** Extracciones de las muestras en el punto 2.



**.Imagen 4 y 5.** Decantación de los residuos de café.



.Imagen 6 y7. Grava de  $\frac{3}{4}$  y de  $\frac{1}{2}$  luego de ser lavada y secada.



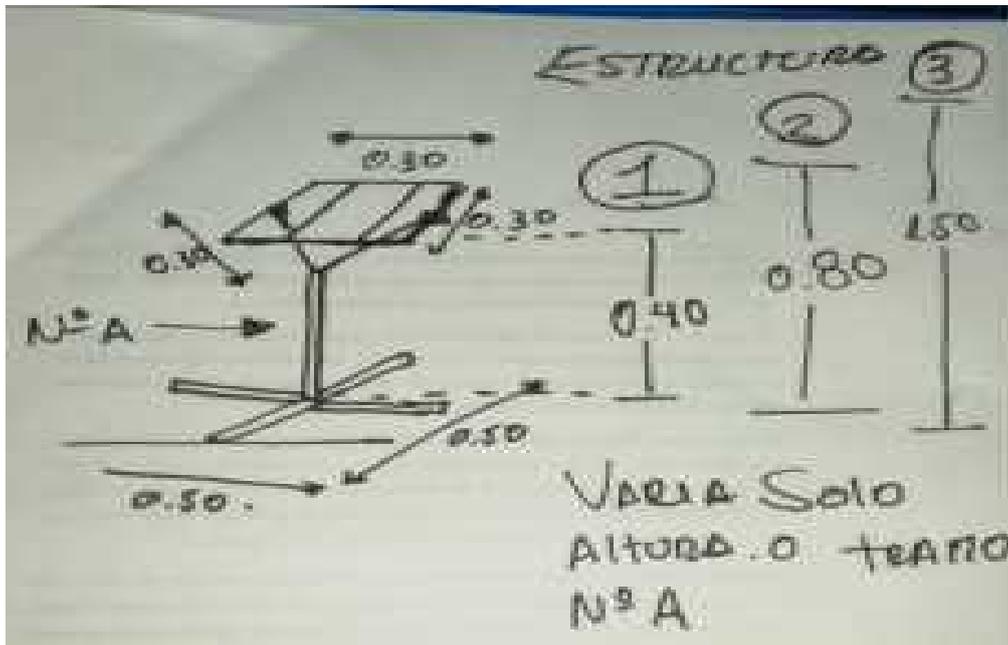
.Imagen 8 y9. Grava de  $\frac{3}{8}$  luego de ser lavada y secada.



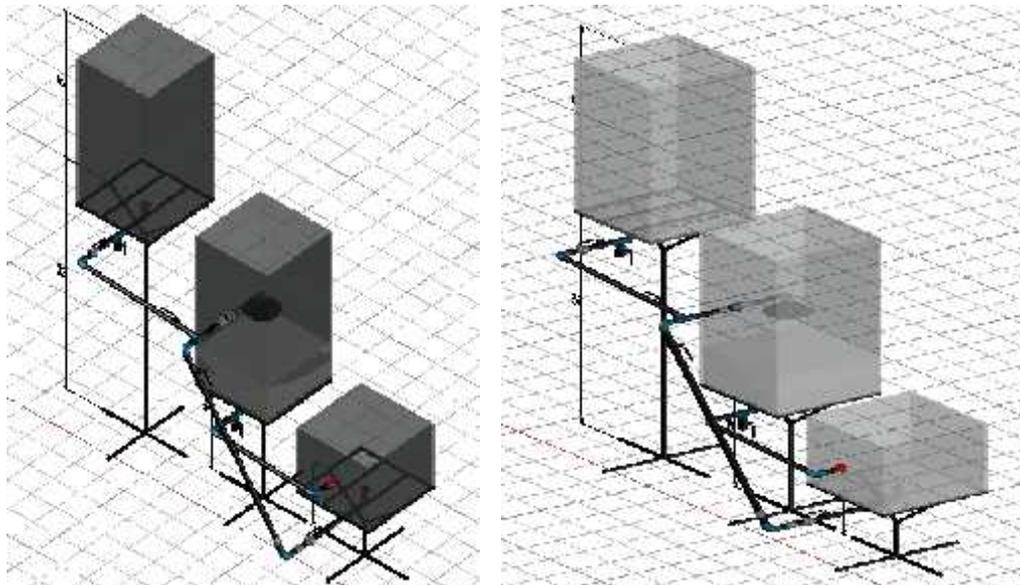
.Imagen 10 y 11. Arena gruesa y fina, luego de ser lavada y secada.



.Imagen 12. Materiales para la elaboración del prototipo de biofiltro.



.Imagen 13. Diseño manual de la estructura del prototipo de biofiltro.



.Imagen 14 y 15. Diseño en AutoCAD de la estructura del prototipo de biofiltro.



**.Imagen 16 y 17.** Elaboración y prueba de la estructura del prototipo de biofiltro.



**.Imagen 18.** Estructura del prototipo de biofiltro ya completado.



**.Imagen 19.** Recolección de la piedra chancada en Cantera San Pedrito.



**.Imagen 20.** Recolección de la arena gruesa y fina en Cantera San Pedrito.



.Imagen 21. Unidad muestral N° 1 con 34 g/L de residuos de café.

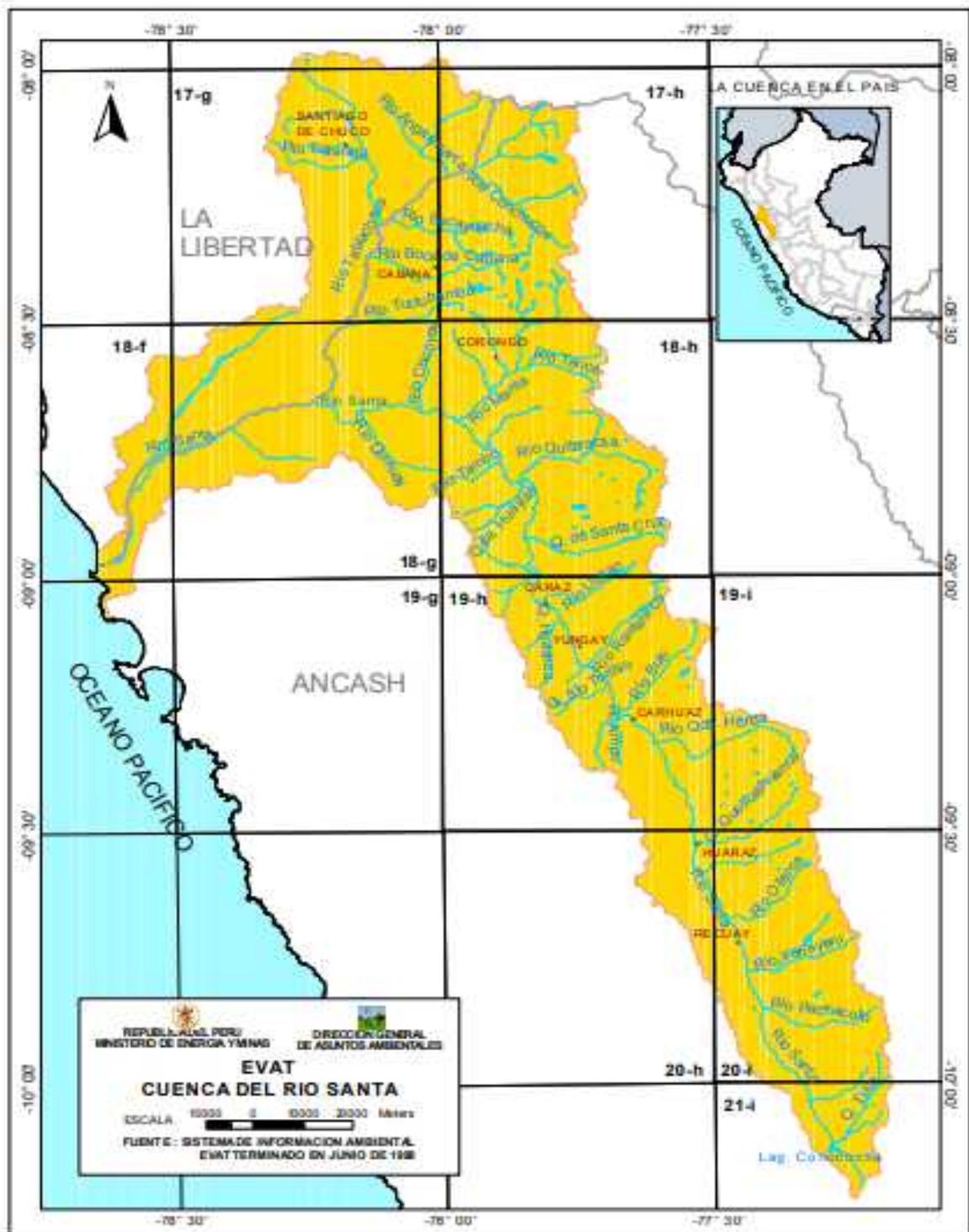


.Imagen 22. Unidad muestral N° 2 con 36 g/L de residuos de café.



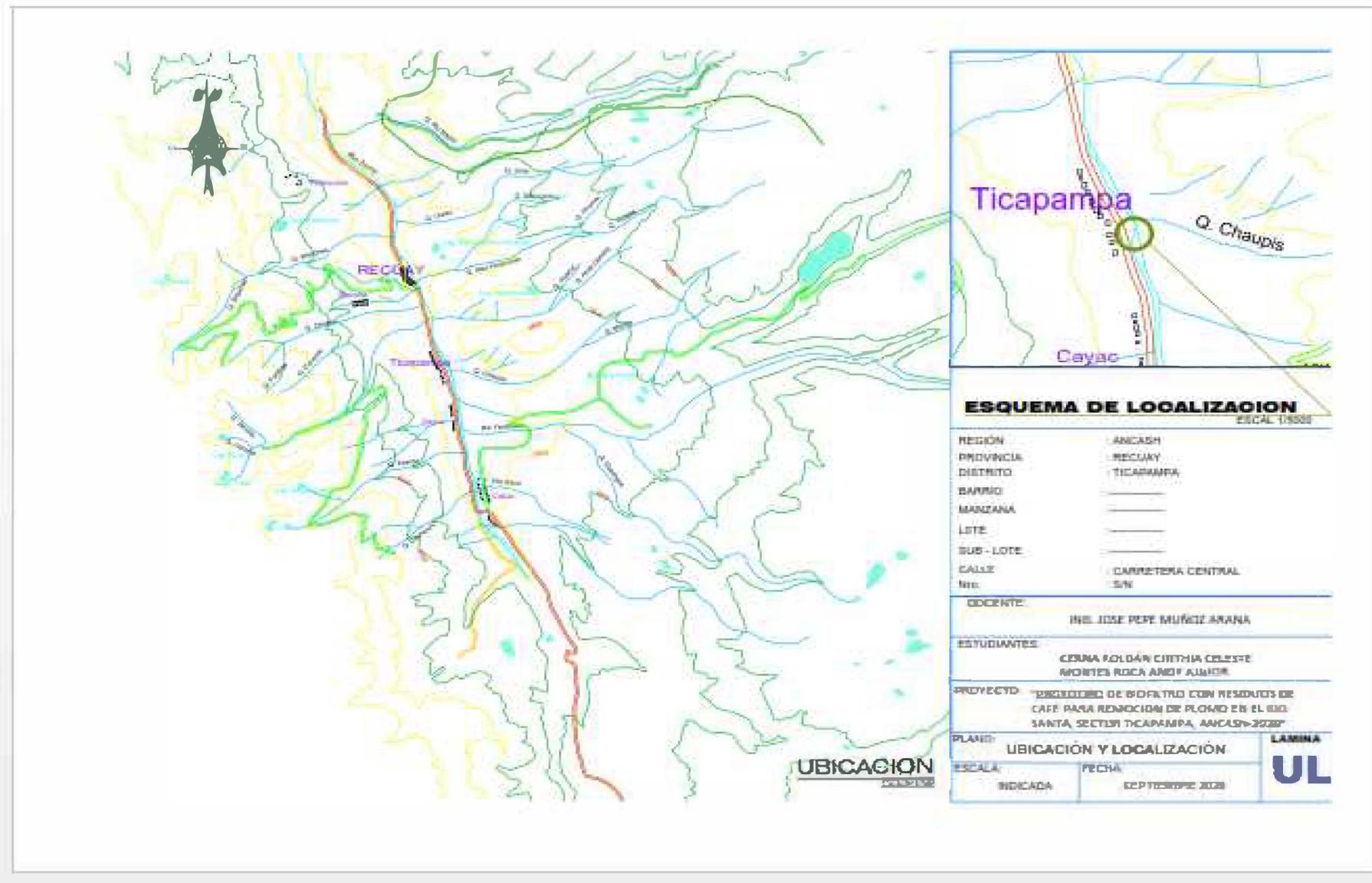
**.Imagen 23.** Unidad muestral N° 3 con 38 g/L de residuos de café.

## ANEXO 7: MAPA DE UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA



Descripción del lugar	Este	Norte	Altura
Agua con alta concentración de plomo	9 737 223	77 449 559	3422 m.s.n.m

## ANEXO 8: PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN PARA RECOLECCION DE MUESTRAS



**ESQUEMA DE LOCALIZACION**  
ESCALA: 1:50000

REGION	ANCASH
PROVINCIA	RECUAY
DISTRITO	TICAPAMPA
BARRIO	_____
MANZANA	_____
LETE	_____
SUB-LOTE	_____
CALLE	CARRETERA CENTRAL
Nro.	511

**DOCENTE:** ING. JOSE PEPE MUÑOZ ARANA

**ESTUDIANTES:** CERRA FOLDÁN CINTHIA CELESTE  
MORLES ROCA ANDY AJUJON

**PROYECTO:** "EVALUACION DE BIOPATRIO CON RESIDUOS DE CAFE PARA REMOCION DE PLOMO EN EL SOLO SANTA, SECTOR TICAPAMPA, ANCASH-2020"

<b>PLANO:</b>	UBICACION Y LOCALIZACION	<b>LAMINA</b>
<b>ESCALA:</b>	FECHA:	<b>UL</b>
INDICADA	12 DE FEBRERO 2020	

**UBICACION**  
ANCASH

# ANEXO 9: PLANO DE DISEÑO DEL PROTOTIPO DE BIOFILTRO

