



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“EFECTIVIDAD DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE PINO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA EN EL RÍO SAN LUCAS, CAJAMARCA-2023”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Alfredo Peregrino Sanchez

**Asesor:**

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez

<https://orcid.org/0000-0001-8861-7889>

Cajamarca - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

|                           |                                 |          |
|---------------------------|---------------------------------|----------|
| Jurado 1<br>Presidente(a) | Lizbeth Milagros Merma Gallardo | 40012838 |
|                           | Nombre y Apellidos              | Nº DNI   |

|          |                           |          |
|----------|---------------------------|----------|
| Jurado 2 | Tulio Edgar Guillén Sheen | 26676774 |
|          | Nombre y Apellidos        | Nº DNI   |

|          |                               |          |
|----------|-------------------------------|----------|
| Jurado 3 | Erlyn Giordany Salazar Huamán | 71106769 |
|          | Nombre y Apellidos            | Nº DNI   |

## INFORME DE SIMILITUD

### INFORME TESIS - PEREGRINO - T

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

|          |   |               |
|----------|---|---------------|
| <b>1</b> | <b>hdl.handle.net</b><br>Fuente de Internet   | <b>2%</b>     |
| <b>2</b> | <b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b><br>Trabajo del estudiante               | <b>1%</b>     |
| <b>3</b> | <b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b><br>Trabajo del estudiante | <b>1%</b>     |
| <b>4</b> | <b>Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola</b><br>Trabajo del estudiante           | <b>1%</b>     |
| <b>5</b> | <b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b><br>Trabajo del estudiante                   | <b>1%</b>     |
| <b>6</b> | <b>tesis.unap.edu.pe</b><br>Fuente de Internet  | <b>&lt;1%</b> |
| <b>7</b> | <b>bdigital.unal.edu.co</b><br>Fuente de Internet   | <b>&lt;1%</b> |
| <b>8</b> | <b>repositorio.unapiquitos.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                               | <b>&lt;1%</b> |

## **DEDICATORIA**

Este estudio lo dedico a Dios, así como a mis padres y  
hermanos, quienes me brindaron su apoyo a lo largo de  
mi trayectoria académica.

A mis profesores, quienes me proporcionaron su  
sabiduría y destreza para poder cumplir con mi  
propósito.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por enaltecerme y guiarme hacia el camino del logro,  
permitiéndome concluir esta etapa con éxito.

Expreso mi gratitud hacia mis padres, Facundo y Elena, por  
su apoyo, paciencia y comprensión

Finalmente, a mi asesor, quien me brindó su orientación  
constante para culminar exitosamente este proyecto de  
investigación.

## Tabla de contenido

|   |    |
|---|----|
| JURADO EVALUADOR .....                      | 2  |
| INFORME DE SIMILITUD .....                  | 3  |
| DEDICATORIA .....                           | 4  |
| AGRADECIMIENTO .....                        | 5  |
| TABLA DE CONTENIDO.....                     | 6  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                      | 7  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                     | 8  |
| ÍNDICE DE ECUACIONES.....                   | 10 |
| RESUMEN .....                               | 11 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....              | 12 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....               | 29 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS.....               | 44 |
| CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES ..... | 65 |
| REFERENCIAS.....                            | 70 |
| ANEXOS.....                                 | 75 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Estándares de calidad ambiental para agua de riego de vegetales y bebida de animales .      | 22 |
| <b>Tabla 2.</b> Características físicas de la madera de la clase forestal pino pátula (Pinus patula). ..... | 25 |
| <b>Tabla 3.</b> Porcentaje de absorción de semillas de pino .....   | 36 |
| <b>Tabla 4.</b> Datos de localización de la muestra de agua. ....   | 41 |
| <b>Tabla 5.</b> Medición de los caudales de acuerdo a los tratamientos realizados. ....                     | 44 |
| <b>Tabla 6.</b> Parámetros físico-químicos del agua del Río San Lucas. ....                                 | 45 |
| <b>Tabla 7.</b> Parámetros inorgánicos del agua. ....   | 52 |
| <b>Tabla 8.</b> Parámetro microbiológico del agua. ....   | 63 |
| <b>Tabla 9.</b> Precio de adquisición de materiales .....   | 77 |
| <b>Tabla 10.</b> precio de adquisición de agregados. ....   | 77 |
| <b>Tabla 11.</b> Matriz de consistencia .....   | 79 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 1.</b> Directrices para la incorporación y exclusión en el proceso de tratamiento del agua proveniente del río San Lucas. .... | 31  |
| <b>Figura 2.</b> Variables de estudio.....   | 32  |
| <b>Figura 3.</b> Materiales e instrumentos .....   | 34  |
| <b>Figura 4.</b> Explicación del procedimiento en etapas.....  | 35  |
| <b>Figura 5.</b> Diseño de la estructura del filtro de carbón activado.....  | 40  |
| <b>Figura 6.</b> Ubicación de la estación meteorológica n°08. ....   | 44  |
| <b>Figura 7.</b> Variación de la turbidez, según la dosificación de carbón activado. ....  | 47  |
| <b>Figura 8.</b> Variación del PH, según la dosificación de carbón activado.....   | 48  |
| <b>Figura 9.</b> Variación de la conductividad, según la dosificación de carbón activado.....  | 49  |
| <b>Figura 10.</b> Variación de sólidos disueltos, según la dosificación de carbón activado .....   | 50  |
| <b>Figura 11.</b> Variación de oxígeno disuelto, según la proporción de carbón activado.....   | 51  |
| <b>Figura 12.</b> Variación de contenido de aluminio, según la proporción de carbón activado .....                                       | 53  |
| <b>Figura 13.</b> Variación de contenido de bario, según la dosificación de carbón activado .....  | 54  |
| <b>Figura 14.</b> Variación de contenido de boro, según la dosificación de carbón activado .....   | 55  |
| <b>Figura 15.</b> Variación de contenido de cobalto, según la dosificación de carbón activado.....                                       | 56  |
| <b>Figura 16.</b> Variación de contenido de cromo, según la dosificación de carbón activado. ....  | 57  |
| <b>Figura 17.</b> Variación de contenido de hierro, según la dosificación de carbón activado. ....                                       | 58  |
| <b>Figura 18.</b> Variación de contenido de litio, según la dosificación de carbón activado. ....  | 59  |
| <b>Figura 19.</b> Variación en la concentración de manganeso, en relación a la dosificación de carbón activado .....                     | 60  |
| <b>Figura 20.</b> Variación de contenido de níquel, según la dosificación de carbón activado.....  | 61  |
| <b>Figura 21.</b> Variación de contenido de zinc, según la dosificación de carbón activado .....   | 62  |
| <b>Figura 22.</b> Variación de coliformes termotolerantes, según la dosificación de carbón activado. ...                                 | 64  |
| <b>Figura 23.</b> Extracción de los agregados de la cantera Bazán. ....  | 114 |
| <b>Figura 24.</b> Análisis granulométrico.....   | 114 |
| <b>Figura 25.</b> Tamizado de la arena. ....   | 115 |
| <b>Figura 26.</b> Lavado de arena. ....  | 115 |
| <b>Figura 27.</b> Secado de arena. ....  | 116 |
| <b>Figura 28.</b> Tamizado de la grava.....  | 116 |
| <b>Figura 29.</b> Recolección de las semillas de pino. ....  | 117 |
| <b>Figura 30.</b> Secado de las semillas de pino.....  | 117 |
| <b>Figura 31.</b> Trituración de las semillas de pino. ....  | 118 |
| <b>Figura 32.</b> Separación de los granos después de la trituración.....  | 118 |



|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 33.</b> Peso de los granos de pino.....  | 119 |
| <b>Figura 34.</b> contenido de humedad. ....   | 119 |
| <b>Figura 35.</b> Productos químicos.....  | 120 |
| <b>Figura 36.</b> Esparcimiento de ácido fosfórico (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ) en los granos de pino. ....               | 120 |
| <b>Figura 37.</b> Secado de granos de pino, luego del esparcimiento de ácido fosfórico (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ) ..... | 121 |
| <b>Figura 38.</b> Separación de los granos de pino de acuerdo a su peso.....   | 121 |
| <b>Figura 39.</b> Secado de los granos de pino en horno. ....  | 122 |
| <b>Figura 40.</b> Activación del carbón activado.....  | 122 |
| <b>Figura 41.</b> Verificación del pH del carbón activado. ....  | 123 |
| <b>Figura 42.</b> Esparcimiento de agua desionizada .....  | 123 |
| <b>Figura 43.</b> Secado del carbón activado. ....   | 124 |
| <b>Figura 44.</b> Molienda del carbón activado.....  | 124 |
| <b>Figura 45.</b> Peso del carbón activado. ....   | 125 |
| <b>Figura 46.</b> Toma de la muestra patrón del río San Lucas.....   | 125 |
| <b>Figura 47.</b> Recolección de agua. ....  | 126 |
| <b>Figura 48.</b> Materiales e instrumentos utilizados en el tratamiento de agua. ....   | 126 |
| <b>Figura 49.</b> Colocación de gravilla .....   | 127 |
| <b>Figura 50.</b> Colocación de carbón activado de semillas de pino. ....  | 127 |
| <b>Figura 51.</b> Colocación de arena fina. ....   | 128 |
| <b>Figura 52.</b> Agua proveniente del río San Lucas .....   | 128 |
| <b>Figura 53.</b> Proceso de filtración .....  | 129 |
| <b>Figura 54.</b> Toma de muestras. ....   | 129 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|   |    |
|---|----|
| <b>Ecuación 1.</b> Porcentaje de contenido de humedad. .... | 37 |
| <b>Ecuación 2.</b> Porcentaje de material volátil. ....     | 37 |
| <b>Ecuación 3.</b> Porcentaje de ceniza. ....               | 37 |
| <b>Ecuación 4.</b> Porcentaje de carbón fijo. ....          | 37 |
| <b>Ecuación 5.</b> Porcentaje retenido. ....                | 38 |
| <b>Ecuación 6.</b> Porcentaje que pasa.....                 | 38 |
| <b>Ecuación 7.</b> Coeficiente de uniformidad (CU). ....    | 38 |
| <b>Ecuación 8.</b> Coeficiente de curvatura. ....           | 38 |
| <b>Ecuación 9.</b> Caudal real. ....                        | 39 |
| <b>Ecuación 10.</b> Número de filtros.....                  | 39 |
| <b>Ecuación 11.</b> Cálculo del caudal unitario. ....       | 39 |
| <b>Ecuación 12.</b> Cálculo del área superficial.....       | 39 |

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue conocer la efectividad del carbón activado de semillas de pino en el tratamiento del agua del río San Lucas. El estudio es cuantitativo, de diseño experimental y la muestra estuvo constituida por muestras de agua extraídas en un punto de monitoreo en la estación meteorológica N° 08, perteneciente al río San Lucas. Se trató el agua mediante un filtro de carbón activado de pino, utilizando espesores de 1 cm (500 gr), 2cm (1000 gr), 3cm (1500 gr) y 4 cm (2000 gr). A partir del tratamiento realizado el más óptimo resultó ser con un espesor de 4 cm (2000 gr), obteniendo los siguientes resultados: Turbidez 5.76 NTU, pH 6.41, conductividad 1478  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , SDT de 770 mg/l y OD 2.48 mg O<sub>2</sub>/L; y para la parte microbiológica se obtuvo un valor < 1.8 NMP/100ml. Se concluye que la dosificación más eficiente es utilizando un espesor de 4 cm (2000 gr) de carbón activado de pino, con el cual se obtienen valores cercanos a los ECAs para agua de la categoría 3 D1 y D2 (riego de vegetales y bebida de animales).

**PALABRAS CLAVES:** Carbón activado de pino, tratamiento de agua, calidad del agua, parámetros físicos- químicos y microbiológicos

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La existencia de vida en la tierra comenzó gracias al agua, la cual se utiliza para cultivar alimentos y diversos productos que contribuyen al bienestar y a la salud de los seres vivos. Este recurso es crucial para el avance de la sociedad y es esencial que las generaciones venideras lo conserven de manera sostenible. (Zandaryaa, 2013). Su mal uso genera diversas implicancias en la salud y el ecosistema, que ocasionan que estos no se vuelvan utilizar; teniendo como consecuencia la disminución del recurso hídrico, según describe la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO (2016).

Según el informe de la organización mundial de la salud, alrededor de 1900 millones de individuos en todo el planeta tienen acceso a suministro de agua en áreas contaminadas. Como resultado, estas personas se ven obligadas a recurrir a tecnologías de tratamiento del agua como medida preventiva contra enfermedades OMS (2016).

Debido a los agentes contaminantes del agua y con el objetivo de mitigar sus efectos perjudiciales para la salud, se ha optado por implementar diversos métodos de purificación de agua; esto permite que el recurso pueda ser utilizada de forma segura sin poner en riesgo la salud de la población y reduciendo al máximo los impactos negativos en el medio ambiente Ramírez y otros (2013). Es así que, dentro de los múltiples tratamientos existentes, sobresale el carbón activado, mismo que ha ganado una extensa aceptación en el campo del tratamiento de aguas superficiales, Manrique y Medina (2018).

En este contexto, es importante destacar que en el Perú, el agua superficial es ampliamente extenso, su calidad representa una preocupación significativa en algunas áreas hidrográficas, por ello constituye uno de los obstáculos más grandes que sufre el país, debido

a que compromete su calidad y cantidad e impide el uso eficiente de este recurso; en consecuencia, la salubridad de los seres humanos, el desempeño agropecuario, agrario y el sostenimiento del entorno, Autoridad Nacional del Agua (2021).

Las razones más fundamentales de la contaminación del agua, son las descargas de desechos familiares a los afluentes y el empleo de sustancias contaminantes en diversas actividades productivas; por lo tanto, es importante adoptar diferentes alternativas para mejorar la calidad del agua; una alternativa efectiva utilizada en los últimos años son los tratamientos de agua mediante filtros de carbón activado. Según, Segura (2017). Los sistemas de filtración con carbón activado mejoran la purificación del agua al incrementar la capacidad de adsorción de metales y la eficacia en la eliminación de colorantes como el azul metileno.

El departamento Cajamarca también enfrenta el desafío de la contaminación del agua, ya que las emisiones de desechos residuales han afectado la calidad del agua, esto se debe a que no todos los habitantes cuentan con acceso a sistemas de saneamiento, lo que provoca un incremento de agentes contaminantes en los ríos, Díaz (2019). Un ejemplo de esto es el río San Lucas, donde se observa la presencia de desechos domiciliarios, agua de lavado de autos, desechos comerciales, sustancias químicas, y prácticas inadecuadas por parte de los agricultores que arrojan recipientes de abonos e insumos agrícolas en el río, Mendoza (2016).

Considerando que la microcuenca de la corriente San Lucas forma parte de las subcuencas y su vez de la cuenca crisnejas Huamán (2016), y es una de las más importantes para la región, es de gran importancia contrarrestar el daño generado a través del tratamiento de agua, a fin de que puedan ser reutilizadas. En relación a este tema, el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos establece que las aguas negras o cloacales, solo pueden ser

reutilizadas si han sido sometidas a un proceso de tratamiento y, cumpla con los parámetros de calidad según su uso, para que no provoquen perjuicios en la salud o el ambiente, Paucar y Iturregui (2020). En esta línea se plantea la presente investigación, enfocada en el tratamiento del agua del mencionado río, utilizando un filtro de carbón activado de semillas de pino.

Para sustentar el presente estudio, se analizaron diversas investigaciones, las cuales sirven como antecedentes. A nivel internacional, se tiene la investigación de Bangoura y otros (2023) realizada en el país de Guinea, en la que se plantearon como objetivo, la depuración de aguas residuales mediante doble filtración sobre carbón activado en granos pequeños preparado a base de cáscaras de cacahuete, en total se tomó una muestra donde la contaminación era mayor; luego se filtró a través de carbón activado en polvo y carbón activado granulado; los instrumentos utilizados fueron, pH metro HANA HI 1832, conductímetro HANA LF 330, espectrofotómetro DR 2800, Oxímetro Modelo DO210, turbidímetro Hach 2100p, balanza analítica, rampa de filtración con embudos y una bomba de vacío. Se concluye que la filtración con carbón activado granular fue la más eficiente, reduciendo la turbidez en 71.01%, conductividad 44.75%, sólidos suspendidos en 76.75%, Nitritos 64,00%, Nitratos 53,57%, Fosfatos 34,48% Oxígeno disuelto 105,36% y DQO y DBO5 64,44%, con respecto al valor inicial.

Por otro lado, Abatan y otros (2019) tienen como finalidad mejorar las aguas servidas en una comunidad de Nigeria; su investigación se basó en un diseño experimental, donde la muestra consistió en 10 gramos de carbón activado disuelto en 200 ml de agua residual, los instrumentos usados fueron: Matraz cónico, agitador magnético de placa caliente, papel filtro Whatman N° 42 y embudo de vidrio. Se llegó a la conclusión de que el proceso de tratamiento con carbón activado en un periodo de 150 min, influye de manera

significativa, teniendo un aumento en el pH 7.01 a 7.14 unidades, una disminución de las (TDS) 24,20 g/l - 21,09 g/l, una reducción de las (SST) 17,64 g/L-15,4 g/L y una disminución de la (DBO) 6,28 g/L- 4,8 g/L.

Rojas y otros (2019) en su investigación realizada en Cuba, presentó como objetivo el tratamiento de aguas residuales. Su investigación es de diseño experimental, y la muestra utilizada consistió en 0.1g de carbón activado contenido en frasco 25 ml de solución de yoduro potásico. Para recopilar datos, se emplearon instrumentos como pipeta volumétrica, recipiente para la muestra y una libreta de apuntes. Las conclusiones del estudio revelaron que el carbón activado logró una adsorción del yodo del 40%, Además, se destacó que la adsorción más notable fue la del amoníaco utilizando carbones obtenidos de pinos tropicales en una solución ácida al 40% en masa.

En el estudio de Mauricio y Campos (2019), se llevó a cabo una evaluación de la eficacia del carbón activado de coco nucifera en la eliminación de partículas sólidas presentes en aguas residuales. Este estudio se basó en un diseño experimental y utilizó tres diferentes cantidades de carbón activado, 25 gr, 50 gr y 100 gr, en un volumen de 316 cm<sup>3</sup> de agua. Los instrumentos empleados para la investigación incluyen la cadena de custodia y un filtro de carbón activado. Los resultados obtenidos revelaron que el tratamiento T1R2 redujo la concentración de sólidos suspendidos totales de 90 a 40, el tratamiento T2R2 redujo la turbidez de 200 a 142 NTU, el tratamiento T3R1 redujo la coloración de 433 a 380 unidades pt/Co y el pH varió ligeramente de 6,87 a 6,99. En resumen, en función de los tratamientos realizados, se pudo concluir que a medida que se incrementa la cantidad de carbón activado, se obtienen mejores resultados. Por lo tanto, la muestra más eficaz fue aquella que usó 100 gramos de carbón activado.

García y Díaz (2017) llevaron a cabo una investigación en Chile, para evaluar la eficacia del carbón activado elaborado a partir de residuos agroalimentarios con diversas características en la adsorción de arsénico. Su enfoque de análisis se basó en un diseño experimental cuantitativo de nivel descriptivo. Los resultados de la investigación revelaron que la propiedad clave del carbón activado incluye un área superficial de 486 m<sup>2</sup>/g, un valor de pHPZC de 6,4; y la presencia predominante de grupos superficiales como ácidos carboxílicos y fenoles, estos elementos resultan fundamentales para la eficiencia del carbón activado en la eliminación de arsénico. En términos de capacidad de adsorción se obtuvieron valores de 4.5 g de arsénico por gramo de carbón activado (g As/g CA), en un rango de pH comprendido entre 4 a 7, además, se registró un valor no menor de 3.55 g As/g CA para un pH extremo de 9. Esto indica una notable efectividad del carbón activado en un intervalo de pH que abarca desde 4 hasta 9.

Ramírez y otros (2013) en Colombia, llevaron a cabo un estudio que implicó el tratamiento de aguas cloacales utilizando carbón activo de pino patula, este estudio se enmarca en un diseño experimental en el que se tomaron muestras compuestas por seis cantidades de carbón activado (0.1,0.2,0.4,0.55,0.70 y 1.0 gramo) en 10 ml de muestra, los medios que se dispusieron para la recopilación de información, fueron: recipiente para las muestras, cuaderno de apuntes, lapicero y laptop. Los resultados del estudio indicaron que el carbón activado de pino patula tiene un impacto significativo en la eliminación de hierro, con una proporción de 74%, y el del cobre, con una proporción de remoción del 41%. En cuanto a la eliminación del Zinc, se observa una tasa de remoción más baja, que alcanzó el 11%.

Como antecedentes a nivel nacional se menciona la investigación realizada por Quispe y Larico (2021), cuyo objetivo principal fue evaluar el impacto del uso del carbón



activado de semillas de pino en el tratamiento de las aguas contaminadas en la región de Puno. El enfoque de su investigación se caracterizó por ser de tipo experimental aplicativo, y la muestra analizada consistió en un total de 96 muestras de agua. Los medios utilizados para llevar a cabo la investigación incluyen una báscula, juego de tamices, estufa eléctrica, pH – metro, un turbidímetro, un espectrómetro, semilla de pino, ácido fosfórico, agua ionizada, cloruro de manganeso y azul metileno. Las conclusiones obtenidas indicaron que la aplicación de carbón derivado de las semillas de pino con dosificaciones de 25, 50 y 10 gramos en 10 ml de agua industrial conlleva a mejoras significativas en el pH del agua, en la reducción de la turbidez y en el aumento del oxígeno disuelto.

Gutiérrez (2021) tiene como objetivo optimizar el nivel pH y reducir la presencia de arsénico en una proporción de agua tomada en el río Moche. Su investigación se enmarcó en un enfoque aplicado, y se basó en diseño experimental; la muestra consta de un litro de agua, que fue trasladada a un laboratorio para analizar el grado de arsénico y pH. Los instrumentos empleados para recopilar datos incluyen la observación, el biofiltro y protocolos. Finalmente, se llegó a la conclusión de que la proporción más eficaz fue de 2 partes de arcilla por una parte de cascara de coco, logrando aumentar el pH desde 2.2 hasta 7.74 de manera efectiva

Arteaga (2019) se planteó tratar las aguas residuales mediante aplicación de carbón activado, en aguas para riego de parques y jardines sector Rosa Luz, Lima. Su investigación fue exploratoria y la muestra consistió en agua residual, la cual fue tratada con carbón activado granular y en polvo. Los instrumentos utilizados fueron las hojas de recopilación de datos y pruebas de las instalaciones de investigaciones individuales. Como resultado se obtuvo eficiencias del 64.81 % a 86.56 % en sólidos suspendidos totales (g/l), reducción de pH de 8 a 7 unidades de pH, DBO5 (g/l) 60.72% a 56.20%, DQO (g/l) 60.72 % a -160.10

%Aceites y grasas (g/l) 99.90% a 99.96% y Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) - 690.48% a 98.48%. La conclusión obtenida fue que el segundo método de tratamiento, que involucra el uso de carbón activado en forma de polvo, exhibe una mayor efectividad en el tratamiento del agua.

Ñacari (2017) tiene como objetivo mejorar la calidad del agua residual empleando la moringa oleífera y carbón activado. Su investigación se llevó a cabo en un estudio de diseño pre experimental de naturaleza cuantitativa, utilizando una muestra de cuarenta litros de agua residual. Los instrumentos empleados para la recolección de datos incluyen la observación, el registro de la cadena de custodia, una bomba de vacío y la filtración a través de embudos de vidrio. Los resultados demostraron mejoras significativas en los parámetros, con un aumento en la eficiencia de pH de 8.25 a 7, la reducción de la turbidez de 186 a 3 NTU, la disminución de los sólidos en suspensión total de 162 a 4 mg/l, la reducción de la DBO5 de 1343.8 a 17 mg/l, la disminución de la DQO de 2681.9 a 71 mg/l, la reducción de los sólidos totales de aceites y grasas de 7169.3 a 6 mg/l, y la reducción de los hidrocarburos de 15,6 a 5 mg/l. Se concluyó que la muestra más efectiva se logró utilizando 1000 ml de agua residual, lo que permitió recuperar el 98% del agua tratada.

Manosalva (2016) investigó el impacto del uso del carbón activado en la reducción de la turbidez en el agua del río Moche. Se basó en un diseño experimental de un solo factor, y para su muestra recolectó un total de 9 litros de agua del río mencionado. Los instrumentos empleados en el proceso de investigación incluyen turbidímetro y nefelómetros. Como resultado, se observó que el carbón activado derivado de madera de pino logró reducir la turbidez de 11.27 unidades de turbidez nefelométricas (NTU) a 3.11 NTU, utilizando una concentración de 0.02 gramos por cada 100 ml de agua tratada.

Como antecedentes a nivel regional, destaca el estudio realizado por Santa Cruz (2020), cuyo objetivo fue evaluar la eficacia del carbón activado en la planta de tratamiento STP 37-1 de la minera Yanacocha. Este estudio adoptó un enfoque de diseño experimental y empleó 12 pruebas como muestras, cada una de ellas con una concentración de cloro residual (CL<sub>2r</sub>) de 2.1 gl – 1. Los medios utilizados para la recolección de datos incluyen las pruebas de laboratorio en AQA química. Los resultados indicaron que el carbón activado logró eliminar el 97% del cloro residual, que inicialmente estaba presente en una concentración de 2.2 gramos por litro. La dosificación óptima de carbón activado se incluye en 0.04 gramos por litro. En resumen, se concluye que la aplicación de carbón activado demostró un elevado grado de eficacia en la depuración y adsorción del cloro residual.

Paredes y Segura (2021) se propuso como objetivo eliminar los metales pesados en ríos contaminados, centrándose en el uso del carbón activado de origen vegetal. Su investigación tuvo como enfoque documental, de naturaleza no experimental, cualitativa básica, retrospectiva y transversal. La muestra se basó en documentos y estudios relacionados con el análisis de porcentajes de eliminación de metales pesados en ríos contaminados mediante el uso de carbón activado. Los instrumentos para la recolección de datos consistieron en la revisión de literatura científica, análisis de artículos, así como el procesamiento de datos mediante tablas y gráficos en Excel. Los resultados evidenciaron la capacidad de remoción del carbón activado proveniente de fuentes como la tuza de maíz, que logró una eliminación de 90.5% de molibdeno (Mo). Asimismo, la cáscara de naranja mostró una eficiencia del 98% en la remoción de cromo (Cr), y finalmente, la astilla de eucalipto se destacó como la más efectiva, logrando una remoción del 99.9% en el caso del plomo (Pb).

Chicote (2018) planteó evaluar la calidad del agua del río Cumbe mediante el empleo de un filtro de carbón activado. Su enfoque de investigación fue de tipo experimental y la muestra fue seleccionada de manera no probabilística. Los instrumentos utilizados contienen un filtro de carbón activado y la cadena de custodia del laboratorio del agua. Los resultados se obtuvieron a partir de dos tratamientos codificados como filtro A y B, los cuales se relacionaron en los siguientes datos: La turbidez (NTU) varió de 1.16 a 0.72, el pH osciló entre 8.75 y 8.21, el color verdadero se redujo de 8.3 a 5, los coliformes totales aumentaron de 94 a 110, y los coliformes termo tolerantes se incrementó de 9.2 a 12. Se concluyó que el filtro B demostró tener una mayor eficacia en la purificación del agua del río cumbe.

Finalmente, se presenta el estudio realizado por Tomeli (2018), quien se planteó como objetivo evaluar el nivel de calidad del río Cumbe mediante el uso de carbón activado a través de un filtro de tipo francés. Su investigación se basó en un diseño experimental, y la muestra consistió en agua tomada del río mencionado. Los instrumentos utilizados comprenden la estructura del filtro francés y una hoja de registro de muestras. Se llegó a la conclusión de que el tratamiento más eficaz fue el denominado M10, con los siguientes resultados: Turbidez (NTU) 0, pH de 7.54, una concentración de color verdadero del 4.9%, 7.8 de NMP/100 ml y 4.5 NMP/100L.

Por otro lado, se aborda de manera teórica las variables en estudio: Tratamiento de agua y carbón activado. El tratamiento de agua se enfoca en la eliminación de contaminantes a varios niveles físicos y biológicos, con el fin de lograr un nivel de pureza que permita su reutilización. Existen diversos métodos de tratamiento diseñados para reducir la carga de contaminantes, y la elección de uno en particular depende del tipo de sustancia que se desea eliminar, como por ejemplo sólidos, patógenos y otras impurezas Miranda (2022).

La finalidad del tratamiento de agua es mejorar su calidad en términos químicos, físicos y microbiológicos, permitiendo así su utilización en diversas actividades humanas Orellana (2005); por tanto, el proceso de tratamiento debe involucrar la eliminación de elementos biológicos, físicos y químicos contaminantes, con el propósito de convertirlas en adecuadas para ser utilizadas en riego o para su liberación en fuentes de agua, con el objetivo de prevenir el deterioro de los cuerpos de agua y garantizar el acceso de la población a recursos hídricos de buena calidad Paucar y Iturregui (2020). Debe realizarse considerando la eliminación o reducción de bacterias protozoos, quistes, parásitos; además, se busca disminuir la alta concentración de minerales que podrían causar trastornos fisiológicos de diversos tipos, y se incorporan sustancias que previenen o reducen el desarrollo de ciertos problemas de salud que afectan a las personas que consumen agua Orellana (2005)

Según lo indicado por Rodríguez (2020), existen varios métodos de tratamiento de agua que pueden clasificarse en físicos. Estos están relacionados con las características físicas de las sustancias contaminantes, como su viscosidad, tamaño de partículas, capacidad de flotación entre otros factores. Para llevar a cabo este proceso, se emplean técnicas como el tamizado, la precipitación, la separación y la filtración de partículas sólidas. Además, existe el tratamiento químico, que se basa en las características químicas de las sustancias contaminantes, este tipo de tratamientos se enfoca especialmente en la eliminación de elementos como hierro, oxígeno, nitratos y fosfatos, y utiliza procesos como la oxidación y el intercambio de iones. Asimismo, está el tratamiento biológico, que emplea métodos biológicos para la eliminación de contaminantes en forma coloidal. Estos procesos pueden ser tanto aeróbicos como anaeróbicos, y ejemplo de ellos son los lodos activos, los filtros percoladores, las lagunas aireadas y la biodigestión anaerobia.

Es importante destacar que en este estudio se llevó a cabo el tratamiento de una muestra de agua del río San Lucas, misma que fue tomada en la estación meteorológica N°08 (ubicada antes la intersección con el río Mashcón). Esta agua está clasificada de acuerdo a los estándares de calidad ambiental (ECAs) en la categoría 3D1 y D2 que se refiere al uso para riego de vegetales y bebida de animales.

**Tabla 1.**  
*Estándares de calidad ambiental para agua de riego de vegetales y bebida de animales*

| Parámetros                           | Unidad de medida             | D1: Riego de vegetales         |                             | D2: Bebida de animales |
|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                                      |                              | Agua para riego no restringido | Agua para riego restringido | Bebida de animales     |
| <b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>            |                              |                                |                             |                        |
| Aceite y grasas                      | mg/L                         |                                | 5                           | 10                     |
| Bicarbonatos                         | mg/L                         |                                | 518                         | **                     |
| Cianuro wad                          | mg/L                         |                                | 0,1                         | 0,1                    |
| Cloruros                             | mg/L                         |                                | 100 (a)                     | **                     |
| Color (b)                            | Color verdadero escala Pt/Co |                                | 100 (a)                     | 100 (a)                |
| Conductividad                        | ( $\mu$ S/cm)                |                                | 2500                        | 5000                   |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) | mg/L                         |                                | 15                          | 15                     |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DQO)  |                              |                                | 40                          | 40                     |
| Detergente (SAAM)                    | mg/L                         |                                | 0,2                         | 0,5                    |
| Fenoles                              | mg/L                         |                                | 0,002                       | 0,01                   |
| Fluoruros                            | mg/L                         |                                | 1                           | **                     |
| Nitratos (N03-N) + Nitratos (N02-N)  | mg/L                         |                                | 100                         | 100                    |
| Nitritos (N02-N)                     | mg/L                         |                                | 10                          | 10                     |
| Oxígeno disuelto (valor mínimo)      | mg/L                         |                                | $\geq 4$                    | $\geq 5$               |
| Potencial de Hidrogeno (pH)          | Unidad de pH                 |                                | 6,5 - 8,5                   | 6,5 - 8,4              |
| Sulfatos                             | mg/L                         |                                | 1000                        | 1000                   |
| Temperatura                          | °C                           |                                | $\Delta 3$                  | $\Delta 3$             |
| <b>INORGANICOS</b>                   |                              |                                |                             |                        |
| Aluminio                             | mg/L                         |                                | 5                           | 5                      |
| arsénico                             | mg/L                         |                                | 0,1                         | 0,2                    |
| Bario                                |                              |                                | 0,7                         | **                     |
| Berilio                              | mg/L                         |                                | 0,1                         | 0,1                    |
| Boro                                 | mg/L                         |                                | 1                           | 5                      |

|   |            |       |       |      |
|---|------------|-------|-------|------|
| Cadmio  | mg/L       | 0,01  | 0,05  |      |
| Cobre   | mg/L       | 0,2   | 0,5   |      |
| Cobalto   | mg/L       | 0,05  | 1     |      |
| Cromo Total                                     | mg/L       | 0,1   | 1     |      |
| Hierro  | mg/L       | 5     | **    |      |
| Litio   | mg/L       | 2,5   | 2,5   |      |
| Magnesio  | mg/L       | **    | 250   |      |
| Manganeso                                       | mg/L       | 0,2   | 0,2   |      |
| Mercurio  | mg/L       | 0,001 | 0,01  |      |
| Níquel  | mg/L       | 0,2   | 1     |      |
| Plomo   | mg/L       | 0,05  | 0,05  |      |
| Selenio   | mg/L       | 0,02  | 0,05  |      |
| Zinc  | mg/L       | 2     | 24    |      |
| <b>ORGÁNICO</b>                                 |            |       |       |      |
| <b><u>Bifenos policlorados</u></b>              |            |       |       |      |
| Bifenos policlorados (PCB)                      | µg/L       | 0,04  | 0,045 |      |
| <b>PLAGUICIDAS</b>                              |            |       |       |      |
| Paratión  | µg/L       | 35    | 35    |      |
| <b><u>Organoclorados</u></b>                    |            |       |       |      |
| Aldrín  | µg/L       | 0,004 | 0,7   |      |
| Clordano  | µg/L       | 0,006 | 7     |      |
| Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)             | µg/L       | 0,001 | 30    |      |
| Dieldrin  | µg/L       | 0,5   | 0,5   |      |
| Endosulfán                                      | µg/L       | 0,01  | 0,01  |      |
| Endrin  | µg/L       | 0,004 | 0,2   |      |
| Heptacloro y Heptacloro Epóxido                 | µg/L       | 0,01  | 0,03  |      |
| Lindano   | µg/L       | 4     | 4     |      |
| <b><u>Carbamoto</u></b>                         |            |       |       |      |
| Aldicarb  | µg/L       | 1     | 11    |      |
| <b><u>Microbiológicos y parasitológicos</u></b> |            |       |       |      |
| Coliformes termotolerantes                      | NMP/100 ml | 1000  | 2000  | 1000 |
| <i>Escherichia Colí</i>                         | NMP/100 ml | 1000  | **    | **   |
| Huevos de Helmitos                              | NMP/100 ml | 1     | 1     | **   |

*Nota.* Basadas en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y sus regulaciones complementarias proporcionadas por el MINAM en 2017.

<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam>

Según la Autoridad Nacional del Agua-ANA (2020), la evaluación de la calidad del agua superficial de un río abarca diversos parámetros que se dividen en las siguientes categorías: Parámetros de campo, parámetros físicos y parámetros microbiológicos. Los parámetros de campo engloban la temperatura, el oxígeno disuelto, la conductividad

eléctrica y el potencial de hidrógeno. Los parámetros físicos – químicos incluyen los metales totales, los sólidos suspendidos totales, el cianuro, los sulfuros, el fósforo total, el nitrógeno total y los nitratos totales. Por último, en la categoría microbiológica se evalúa la presencia de coliformes termotolerantes.

Por otra parte, en relación a la variable: Carbón activado (CA), según Feijoo y otros (2019) se trata de un material de carbono que ha experimentado procesos químicos y/o físicos con el fin de incrementar su superficie mediante la formación de poros en su estructura. Estos poros tienen la capacidad de retener compuestos, mayormente de naturaleza orgánica. De manera similar, Moreno y otros (2007) indican que se trata de un adsorbente que exhibe una alta y diversa porosidad, una superficie interna considerable y ciertos grupos químicos en su superficie, lo que le confiere características de adsorción.

Además, posee la capacidad de capturar una molécula en movimiento y fijarla en una superficie, este proceso se conoce como adsorción. El material sólido se denomina adsorbente y la molécula se llama adsorbato, estas características permiten la purificación del agua, ya que retiene plaguicidas, detergentes, grasas, toxinas, aceites, desinfectantes, colorantes y compuestos resultantes de la elaboración de algas, vegetales o del metabolismo de animales. Igualmente, disminuye la concentración de metales pesados Carbotecnia (2023).

Además del carbón activado convencional, hay carbones de diversa materia prima, como el carbón activado de pino, el cual tiene dureza muy baja, haciéndolo inapropiado en su forma granular. El inconveniente con estos tipos de carbones radica en su baja dureza y su escasa resistencia a la abrasión, lo que requiere su utilización en forma de polvo Carbotecnia (2023). A continuación, se detallan las propiedades de diferentes especies de pino al convertirlas en carbón activado en polvo.



**Tabla 2.**  
*Características físicas de la madera de la clase forestal pino pátula (Pinus patula).*

| <b>Contenido<br/>de humedad<br/>(%)</b> | <b>Densidad<br/>verde<br/>(g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Densidad<br/>seca al aire<br/>(g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Densidad<br/>anhidra<br/>(g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Densidad<br/>básica<br/>(c/cm<sup>3</sup>)</b> |
|---|--|---|--|---|
| 11.69 ± 0.78                            | 0.95±0.037                                       | 0.53±0.037  | 0.49±0.036   | 0.42 ± 0.033                                      |
| 39                                      | 39   | 39  | 39   | 39  |
| 1.46                                    | 8.69   | 11.57   | 12.29  | 12.38   |
| <b>Restricción<br/>normal (%)</b>       | <b>Adyacente</b>                                 | <b>Expansivo</b>  | <b>Dimensión</b>                                   | <b>Espacial</b>                                   |
| (Verde – seco<br>al aire)               | 3.74 ± 4.51                                      | 1.8 ± 3.06  | 0.05 ± 0.03  | 5.54 ± 0.52                                       |
|   | 39   | 39  | 39   | 39  |
|   | 15.87  | 23.86   | 12.87  | 11.23   |
| <b>Restricción<br/>total (%)</b>        | <b>Adyacente</b>                                 | <b>Expansivo</b>  | <b>Dimensión</b>                                   | <b>Espacial</b>                                   |
| (Verde – seco<br>horno)                 | 7.76 ± 7.63                                      | 4.23 ± 3.51   | 0.19 ± 0.11  | 11.26± 0.69                                       |
|   | 39   | 39  | 39   | 39  |
|   | 8.91   | 20.40   | 42.10  | 8.37  |

*Nota.* Adaptada: “Elección de un procedimiento para la fabricación de carbón activado empleando cuatro variedades de árboles, publicado en la revista de la Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, 2004”.  
 ([http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472004000200010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472004000200010)).

Basándonos en lo expuesto previamente, se plantea la realización de este estudio que emplea carbón activado proveniente de semillas de pino para el proceso de tratamiento del agua extraída del río San Lucas. Esta investigación se llevó a cabo dado que dicho río, al no ser sometido a procesos de purificación, representa un desafío tanto en términos de salud pública como ambiental.

El CA es una sustancia con una alta condición de adsorción y dispone de diversas aplicaciones según las necesidades, por lo cual tiene un alto valor de incidencia, ya que

permite mejorar las aguas residuales, medicamentos, decoloración de azúcar, aglutinación de vapores, adherencia del microorganismo y microbios, y demás usos Rojas y otros (2022).

El CA es un adsorbente derivado de materiales carbonosos y se destaca por su extensa área superficial, su diversidad de grupos funcionales y la distribución efectiva de poros, cualidades que le permiten capturar una amplia gama de moléculas. La preparación de este material se realiza mediante procesos físicos o químicos, que involucran interacciones con gases o la incorporación de sustancias químicas, respectivamente Bastidas y otros (2009).

También, entre las propiedades químicas más destacadas del carbón activado de pino se encuentran el contenido de cenizas, la composición de las cenizas y el nivel de acidez (pH) del carbón. Estas propiedades químicas abarcan un rango de valores, que incluyen una humedad entre 8.97 y 14.11, un pH de 5.87 a 8.96, una densidad aparente de 0.27 a 0.51 gr/cm<sup>3</sup>, así como el tamaño de partícula y la capacidad de adsorción de yodo en el intervalo de 1127 a 1485 mg de yodo por gramo de carbón, según corresponde Grajeda (2013).

Por otra parte, es importante mencionar que para el tratamiento de agua se usan diversos métodos, Leal (2005) menciona los siguiente: Filtro de arena, se emplea con el propósito de eliminar partículas suspendidas, bacterias y compuestos orgánicos en el agua; filtro de carbón activado, se usa para remover materia orgánica y bacterias; Cloro y Ozono, se usa para desinfectar. Los filtros están compuestos generalmente por un medio dual: Arena o antracita Romero (1999).

El carbón activado tiene diversas propiedades, ello dependerá de la materia prima con la que se realice; las características más comunes son:

Contenido de humedad, según Contreras (2017) define como la proporción en porcentaje entre el peso de la madera en relación con el agua y el peso de la madera en su

estado seco. Además, Limaymanta (2021), señala que la cantidad de agua en la madera recién cortada puede variar y depender de la época en que se haya talado.

Porcentaje de Material volátil, son los gases y líquidos piroleñosos que se expulsan desde el carburante al momento de ser sometido a temperaturas altas De la Cruz, y otros (2020).

Porcentaje de cenizas, según Navarrete (2014) hace referencia al porcentaje de desperdicios que se encuentra después de someter el carbón a 650 °C de temperatura, el valor de sus propiedades puede afectar la adherencia en ciertas características del CA, además las cenizas no solo afectan la adhesión de las partículas orgánicas, también impacta en la quimisorción de oxígeno y en la dimensión de los poros del CA Sevillano y Torre, (2013).

Porcentaje de carbón fijo, es el residuo que queda al eliminar la materia volátil en una muestra de carbón De la Cruz, y otros, (2020).

## **1.2. Formulación del problema**

En este sentido se aborda la pregunta de investigación: *¿Cuál es la efectividad del carbón activado de semillas de pino en el tratamiento del agua en el río San Lucas, Cajamarca-2023?* A fin de responder a esta pregunta, se tomó una muestra de agua patrón en la estación meteorológica N°08, perteneciente al río San Lucas (ubicada antes la intersección con el río Mashcón), luego se trasladó a un laboratorio de agua, para el análisis de los indicadores físicos, químicos y microbiológicos; después de obtener los resultados, se efectuó cuatro tratamientos de agua con diferentes espesores de carbón activado; para luego ser llevados al mismo laboratorio y ser analizados los mismos parámetros anteriormente mencionados. Y finalmente, se compararon los resultados, facultando la interrogante del estudio.

### 1.3. Objetivos

El objetivo general del estudio es: *“Determinar la efectividad del carbón activado de semillas de pino en el tratamiento del agua del río San Lucas, Cajamarca 2023”*, indicando como la búsqueda a resolver el problema de investigación.

Los **objetivos específicos**, son pasos continuos que nos permiten dar solución al objetivo general, para lo cual, se implica en los siguientes:

- *Determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de muestras de agua del río San Lucas, Cajamarca 2023*
- *Evaluar la efectividad del carbón activado de semillas de pino en el tratamiento de muestras de agua del río San Lucas, utilizando espesores de 1cm (500 gr), 2cm (1000 gr), 3 cm (1500 gr) y 4 cm (2000 gr).*
- *Determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua del río San Lucas después de aplicar el tratamiento con carbón activado de semillas de pino, Cajamarca 2023.*

### 1.4. Hipótesis

La efectividad del carbón activado para el tratamiento de aguas del río San Lucas se incrementa en forma proporcional al espesor del carbón activado añadido en el procedimiento de filtración.

En sustento al problema de investigación se abordó la siguiente hipótesis: *“El carbón activado de semillas de pino es efectivo en el tratamiento de agua del río San Lucas, usando un espesor de 4cm (2000 gr)”*.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El presente estudio se ubica en la **investigación aplicada**, de conformidad con Supo y Cavero (2014) se distingue por su enfoque en aplicar los conocimientos adquiridos, ya que la investigación se orienta hacia la obtención de resultados prácticos que puedan mejorar tanto la cantidad como la calidad. En ese contexto se diseñó un filtro, con la finalidad de determinar la efectividad del carbón activado de semillas de pino en el tratamiento del agua del río San Lucas. En el desarrollo del estudio, los resultados conseguidos serán empleados para dar solución al problema planteado, en concordancia a lo que señala la guía de los ECAs.

De acuerdo Hernández (2014) un análisis de efecto descriptivo, explora distinguir con peculiaridad y singularidad cualquier acontecimiento que se registra. Describe preferencias de un conjunto o población. Para él estudio se empleó el **nivel descriptivo**, debido a que se describieron las características de las muestras de agua, mismas que fueron tomadas y tratadas de acuerdo al Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, enfocados en la clase 3, categoría D1 y D2.

El planteamiento de este estudio es **cuantitativo**, en relación a ello Ruiz y Valenzuela, (2021) examinan la información de forma numérica, disponiendo el uso de la estadística para determinar los fenómenos sociales, al igual que de las ciencias naturales, empleando el método de las encuestas de percepción o de monitoreo de casos sometidos a porcentajes de efectividad para dar confirmado algo. En tal sentido, se presentaron los resultados conforme a los objetivos planteados, mediante tablas, los cuales sirvieron para describir los parámetros físico, químico y microbiológico del agua del río San Lucas, antes y después del tratamiento con carbón activado de semillas de pino.

Este estudio tiene un **diseño experimental**, al respecto Valderrama (2015) indica que son estudios que implican la manipulación intencional de una o más variables independientes, se puede observar un efecto sobre la variable dependiente. En ese marco, se manipularon los porcentajes de carbón activado de semillas de pino que se añadieron a la prueba de agua recolectada, en un punto más contaminado, ubicado en la estación meteorológica N°08, perteneciente al río San Lucas.

Por otra parte, la población, viene a ser, el universo o la unidad de análisis perteneciente al campo específico en el que se realiza el estudio (Condori, 2020). Por ello, se tiene como **población** la cuenca del río San Lucas, ubicada en la estación meteorológica N°08, parte baja (Barrio Bella Unión) de la ciudad de Cajamarca.

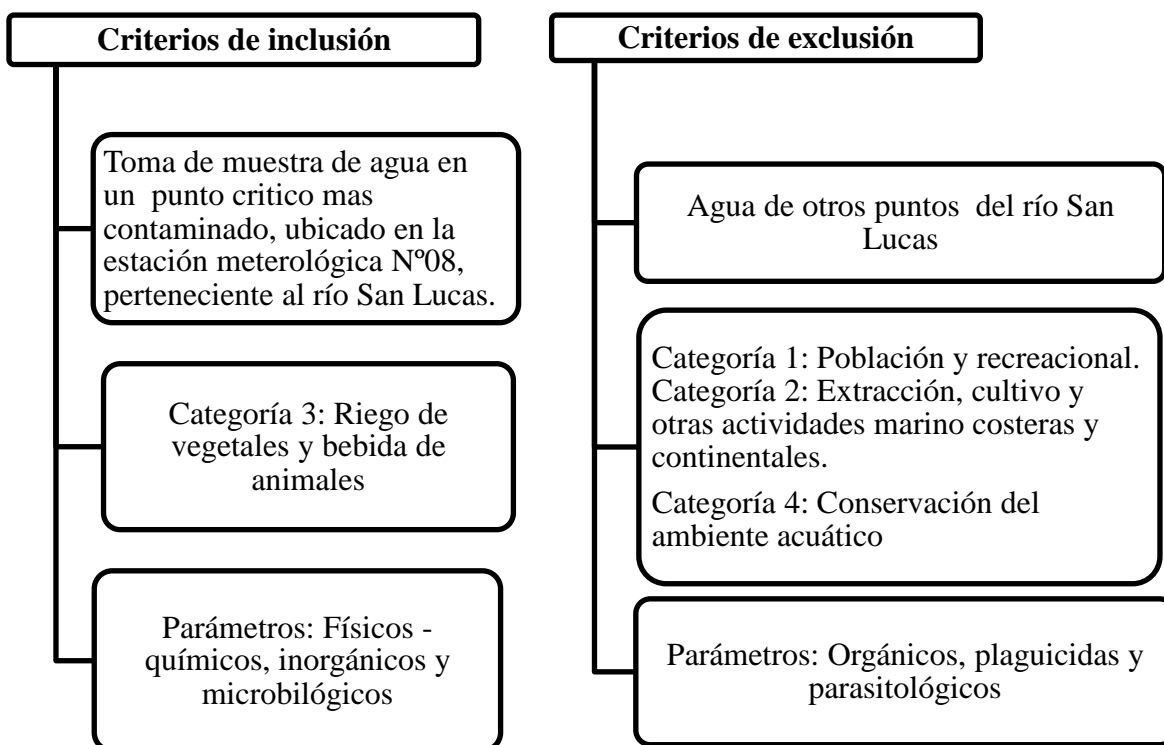
La muestra es un subconjunto de la población, que pertenece al conjunto definido por sus propiedades Hernández (2014). Para determinar la **muestra**, se realizó un muestreo no probabilístico, tomando como referencia la tesis doctoral de García (2014), quien manifiesta que la estación meteorológica N° 08, es uno de los puntos críticos de mayor contaminación del río San Lucas (ubicada antes la intersección con el río Mashcón). Por tanto, la recolección de muestras para el presente estudio se llevó a cabo en un punto crítico con niveles altos de polución. Inicialmente, se tomó una muestra de agua patrón para ser transportado al laboratorio de agua para poder determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Cabe señalar que, para la recolección de muestras, se siguió el protocolo nacional para el monitoreo de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales resolución jefatural N° 010 – 2016 – ANA, en donde menciona, que el caso de ríos o quebradas de fácil acceso y con un caudal reducido, se recomienda la medición de los parámetros de campo, directamente en el cuerpo de agua. Siguiendo las recomendaciones establecidas en el

protocolo de la ANA, se tomó la muestra patrón el día 5 de mayo del 2023, alrededor de las 15: 50 horas, y posteriormente a ello, se realizó cuatro tratamientos de agua con filtro de carbón activado de semillas de pino, utilizando espesores de 1cm (500 gr), 2cm (1000 gr), 3 cm (1500 gr) y 4 cm (2000 gr), estos ensayos se realizaron en dos días diferentes: Las muestras 2 y 3 se llevaron a cabo el 9 de mayo, aproximadamente a las 16.40 horas, y las muestras 4 y 5 se efectuaron el 12 de mayo, alrededor de las 08:00 horas del mismo año. Después se derivó al laboratorio para determinar los cambios de los indicadores físicos químicos y microbiológicos. Es decir que, en total, se consideraron cinco muestras. Para obtener información más detallada, (ver el anexo N°.09)

Para la recolección de muestras se efectuaron los criterios de inclusión y exclusión, los que se detalla en la siguiente figura.

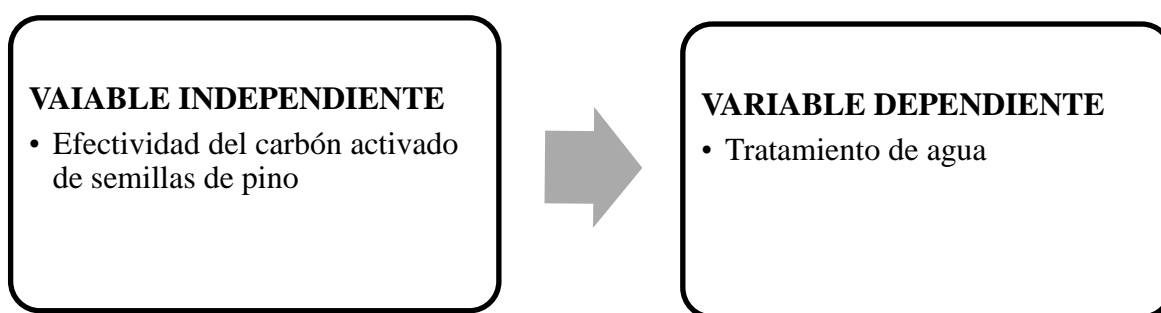
**Figura 1.**  
*Directrices para la incorporación y exclusión en el proceso de tratamiento del agua proveniente del río San Lucas.*



Como expresa Espinoza (2018) la **variable dependiente** son las que se transforman por el hecho de la variable independiente, establece los resultados o conclusiones que dan procedencia a los efectos de la investigación, en relación a la variable independiente dirigida por el indagador para exponer, especificar o modificar el propósito del estudio a lo largo de la investigación.

**Figura 2.**

*Variables de estudio*



*Nota:* En la figura se muestra la relación entre la variable independiente y la variable dependiente.

Por otra parte, se detallan las **metodologías** y **herramientas** empleadas para recopilar y analizar los datos utilizados.

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Como menciona Valderrama (2019) la observación se basa en la aplicación organizada de nuestros sentidos al buscar los datos esenciales para abordar la problemática de la investigación, con el fin de verificar tanto la hipótesis general como las hipótesis específicas. En este estudio, se utilizó la guía de observación como técnica principal. Se aplicó esta metodología para observar el punto crítico más contaminado del río San Lucas y recolectar así la muestra de agua más contaminada.



Posteriormente como **instrumento** se utilizó la ficha de custodia del laboratorio regional del agua; la cual describe la información tomada en campo: El registro de datos en el cual se anotó la procedencia de la muestra, código, ubicación, matriz, fecha y hora en las que realizó la toma de información, en donde se determinó los indicadores físicos, químicos y microbiológicas del agua en tratamiento.

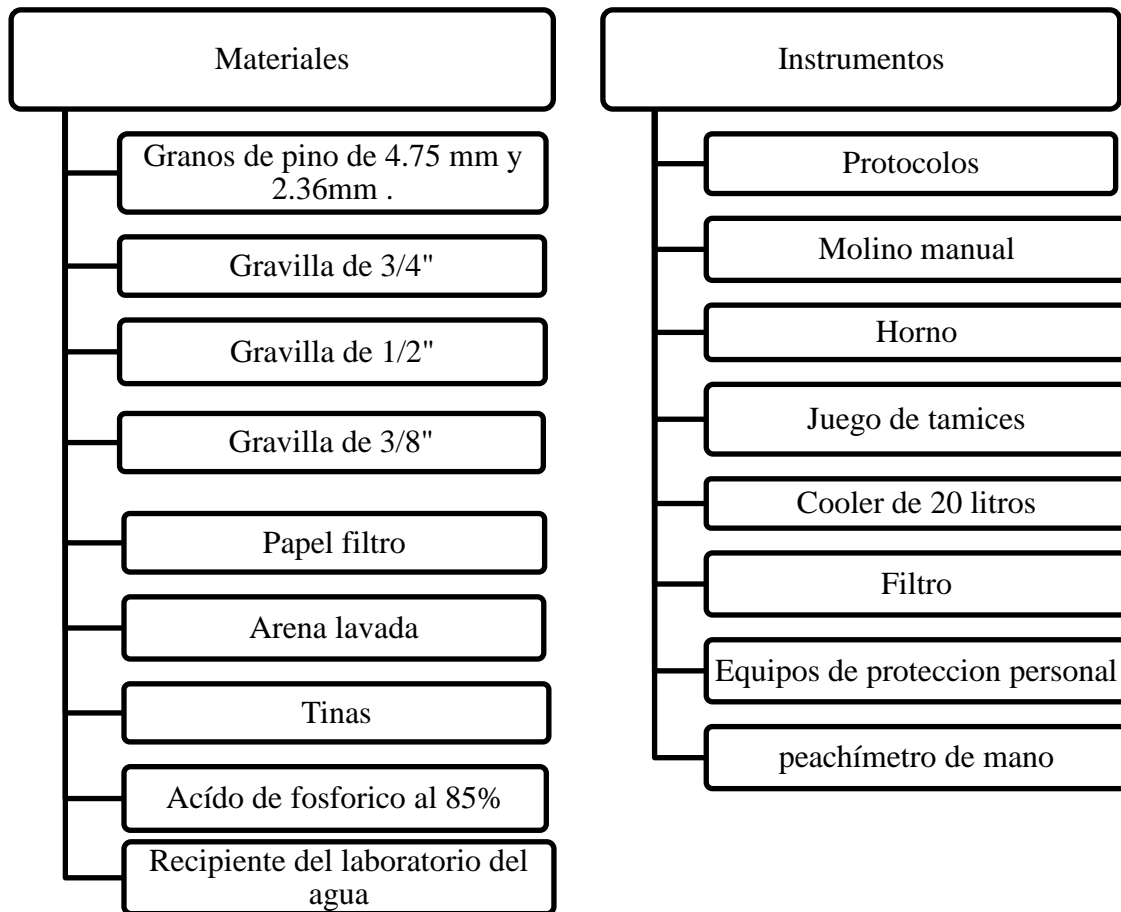
#### *Técnicas e instrumentos de análisis de datos*

La técnica empleada para el análisis de la información, fue la **estadística descriptiva**, la que se resume y analiza la información extraída de campo y los ensayos realizados en laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte.

Respecto del método de análisis de datos, se usó como instrumento el programa excel, en el cual se resumieron las características físicas ,químicas y microbiológicas del agua, antes y después del tratamiento con carbón activado de semillas de pino. De la misma manera, con el propósito de exponer los resultados de la investigación, se elaboraron tablas y gráficos para sintetizar los datos de ambas variables de estudio. Estas, a su vez, se utilizaron para crear representaciones gráficas con la intención de facilitar una interpretación visual rápida y enriquecer la información proporcionada.

A. *Materiales, instrumentos y métodos*

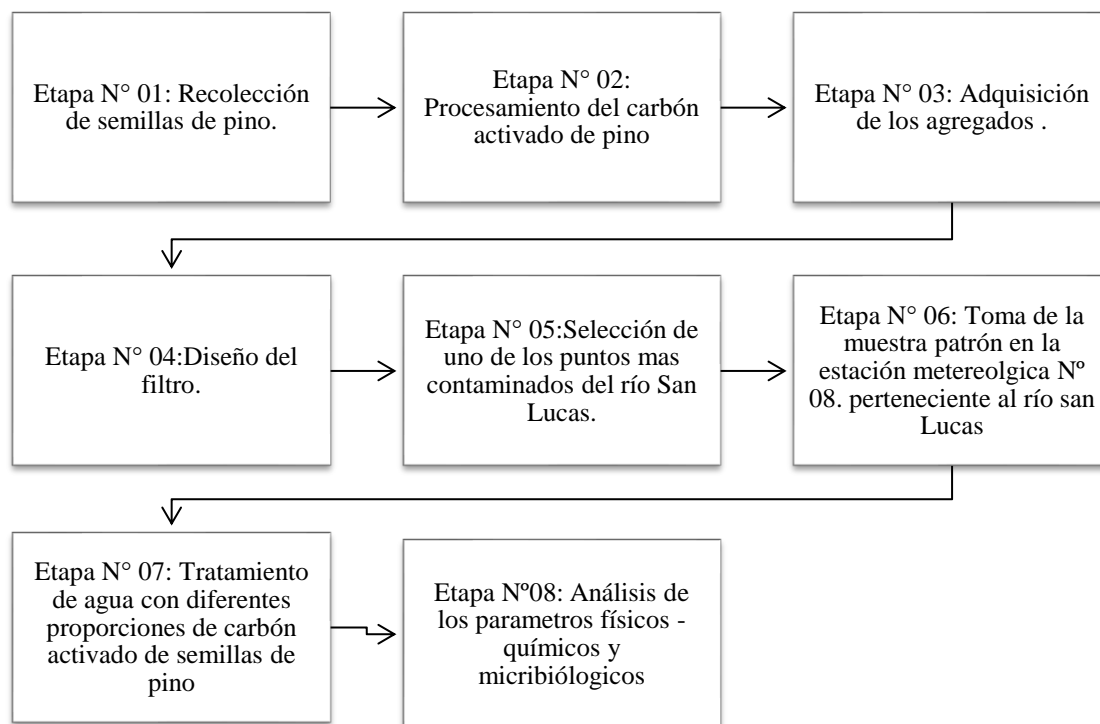
**Figura 3.**  
*Materiales e instrumentos*



*Nota.* En la figura se presentan los materiales e instrumentos utilizados para realizar los ensayos pertinentes.

Para el presente estudio se dispuso como **procedimiento** la recopilación de información; identificando, la zona en donde se va recolectar los insumos principales para el tratamiento de agua del río San Lucas; para obtener una comprensión más detallada de las técnicas utilizadas, se ha considerado las siguientes etapas.

**Figura 4.**  
*Explicación del procedimiento en etapas*



**Etapa N°01:** En esta fase se procedió con la recolección de semillas de pino, provenientes del Centro Poblado de Granja Porcón del distrito de Cajamarca, provincia y departamento de Cajamarca.

**Etapa N°02.** Se llevó a cabo en este segmento la trituración de las semillas de pino, obteniendo partículas que oscilaban entre 4.75mm y de 2.36 mm. Luego se procedió al secado de las partículas en un horno por un periodo 24 h a una temperatura de 65°, en el que se determinó el contenido de humedad. Posteriormente, se realizó la activación química del carbón activado de semillas de pino, mediante la impregnación de ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) al 85%, en una relación de 2 a 1 de (semillas de pino / ácido fosfórico); después se dejó gotear el ácido fosfórico sobrante a través de una malla metálica, para luego ser llevado al horno donde se extrajo el sobrante de la sustancia química a una temperatura de 65° C por un periodo de tres días. Finalmente, las semillas de pino se sometieron a un proceso de

carbonización a 450 °C durante una hora y media, lo cual permitió la obtención del carbón activado de pino. Los resultados obtenidos fueron:

**Tabla 3.**  
*Porcentaje de absorción de semillas de pino*

| Porcentaje de absorción de semillas de pino |                       |             |             |
|---|-----------------------|-------------|-------------|
| % de contenido de humedad                   | % de material volátil | % de ceniza | % de carbón |
| 7.6 %                                       | 2.2%                  | 10.5%       | 80.4%       |

*Nota.* En el cuadro se observa que el carbón activado de pino obtuvo un porcentaje de contenido de humedad de 7.6%; asimismo, un porcentaje de material volátil 2.2; y porcentaje de ceniza de 10.5 y porcentaje de carbón fijo 80.4% (véase mayor detalle en el anexo N°07).

### **Materiales**

- Comba de 4 libras
- Tina
- Ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) al 85%.

### **Instrumentos**

- Protocolos
- Cámara fotográfica
- Laptop
- Tamices de 4.75 mm y 2.36mm
- Horno
- Mufla eléctrica
- Molino manual
- pH metro de mano

**Se utilizaron las siguientes ecuaciones para obtener los resultados.**

**Ecuación 1.**

*Porcentaje de contenido de humedad.*

$$(W\%) = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} \times 100$$

**Ecuación 2.**

*Porcentaje de material volátil.*

$$(\% \text{volátil}) = \frac{W_s - W_{mnv}}{W_s} \times 100$$

**Ecuación 3.**

*Porcentaje de ceniza.*

$$(\% \text{ Ceniza}) = \frac{W_c}{W_s} \times 100$$

**Ecuación 4.**

*Porcentaje de carbón fijo.*

$$(\% \text{ Carbón fijo}) = \% \text{ humedad} - \% \text{ volátil} - \% \text{ ceniza}$$

**Etapa N°03.** En este periodo se adquirió la arena de río, luego se realizó el cuarteo de 2Kg del material, obteniendo 500 gr para realizar el ensayo granulométrico; posteriormente el material sobrante se tamiza en la malla N.º 200 para luego ser lavada y secada para el uso del filtro. Asimismo, se obtuvo la grava de 3/4", 1/2" y de 3/8" de la cantera Bazán, la que se encuentra localizada en el kilómetro 2.5 de la vía Bambamarca.

**Materiales:**

- 2000 gr arena lavada.

**Instrumentos**

- Protocolos de la Universidad Privada del Norte.
- Bandeja
- Cámara fotográfica.

- Juego de tamices de suelos.

**Los resultados se calcularon empleando las siguientes fórmulas.**

**Ecuación 5.**

*Porcentaje retenido.*

$$\% \text{ ret} = \frac{W_i}{W_t} \times 100$$

**Ecuación 6.**

*Porcentaje que pasa.*

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ ret}_i$$

**Ecuación 7.**

*Coefficiente de uniformidad (CU).*

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

**Ecuación 8.**

*Coefficiente de curvatura.*

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

**Etapa N°04.** Se llevó a cabo la planificación del diseño de la parte hidráulica para el tratamiento de agua, aplicando el método volumétrico en el cálculo del caudal. Se desarrollaron tres mediciones para el volumen y tiempo, las cuales se promedian dando como resultado el caudal real (Qr). Como promedio se obtuvo un volumen de 4 litros y un tiempo de 80.227s, teniendo como resultado un caudal real (Qr) de 0.0000498 m<sup>3</sup>/s. (Para mayor detalle ver el anexo N°03).

**Materiales.**

- Recipiente de vidrio de 25 litros.
- Balde de 4 litros.

**Instrumentos.**

- Cuaderno de apuntes,
- Cronómetro.

**Para la obtención del caudal de diseño se utilizaron los siguientes modelos.**

**Ecuación 9.**

*Caudal real.*

$$Qr = \frac{V}{t} m^3/s$$

Por otra parte, se procedió al diseño del filtro rápido de arena, para la cual se empleó los siguientes datos y ecuaciones: Para mayor información ver el anexo n°04

Selección del material (Cs)

- medio filtrante : grava y arena
- tasa de filtración :120m/d

**Ecuación 10.**

*Número de filtros.*

$$n = 0.044(Q)^{1/2}$$

**Ecuación 11.**

*Cálculo del caudal unitario.*

$$qu = \frac{Q}{n}$$

**Ecuación 12.**

*Cálculo del área superficial.*

$$As = \frac{Q}{Cs}$$

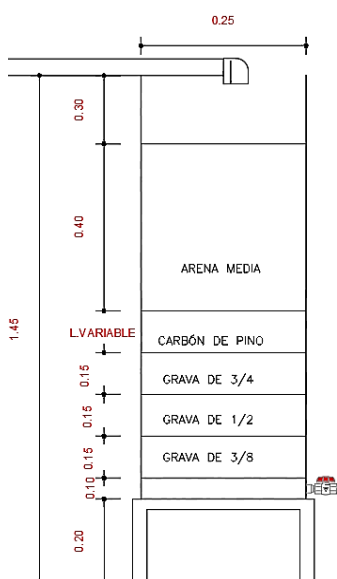
Después de realizar los procedimientos anteriormente mencionados, se construyó un filtro rápido de arena, la cuales tiene las siguientes dimensiones: Largo 25 cm ancho 25 cm

y 125 cm de altura. Por otra parte, para la estructuración del filtro se consideró cinco capas de acuerdo al libro de “potabilización de agua”, del especialista en aguas Jairo Romero:

- i) La primera capa, consta de arena fina que ocupa 40 cm de altura.
- ii) La segunda capa, consta de carbón activado de pino, la cual varió de acuerdo a espesores de 1cm (500 gr), 2cm (1000 gr), 3 cm (1500 gr) y 4 cm (2000 gr). Aledaño a esta capa se colocó un papel filtro para evitar que pase el carbón activado al resto de capas.
- iii) La tercera capa consta de grava de 3/8”, que ocupa 15 cm de altura.
- iv) La cuarta capa consta de grava de 1/2”, que ocupa 15 cm de altura
- v) La quinta capa consta de grava de 3/4”, que ocupa 15 cm de altura

**Figura 5.**

*Diseño de la estructura del filtro de carbón activado.*



*Nota:* Estructura de filtro obtenida de acuerdo al anexo n°04

**Etapa N°05.** Para la selección de uno de los puntos más contaminados del río San Lucas, se tomó como referencia la tesis doctoral de García (2014), donde explica, que la estación meteorológica N.º 08, que forma parte de río San Lucas, es uno de los puntos críticos más contaminados, según los indicadores de calidad ambiental (ECAs); esto debido al



incremento de coliformes termotolerantes, por el arrojado de aguas servidas al lecho del afluente y por el aumento en la disposición de desechos orgánicos y no orgánicos en las orillas y lechos del río San Lucas.

**Tabla 4.**

*Datos de localización de la muestra de agua.*

| <b>Coordenadas en el Sistema de proyección UTM</b> |              |
|--|--------------|
| Valor de latitud Norte                             | 778456.00 m  |
| Valor de latitud Este                              | 9207255.00 m |
| Elevación  | 2750.00 msnm |

*Nota.* Datos de ubicación UTM del punto crítico de mayor contaminación (estación meteorológica n°08), perteneciente al río San Lucas.

**Etapa N°06.** Llevamos a cabo este proceso en colaboración con el laboratorio regional del agua, que proporcionó los envases apropiados para recolectar la muestra de agua en la estación meteorológica N°08, que forma parte del río San Lucas. Luego, trasladamos esta muestra al laboratorio para ser analizadas sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Estos datos se utilizarán como referencia en el proceso de tratamiento del agua.

**Materiales.**

- Baldes de 20 litros
- Envase de 1 litro.
- Envase de 250 litros.
- Botella de vidrio de 250 litros.

**Instrumento.**

- Cadena de custodia.
- Cooler de 20 litros.
- Libreta de apuntes.
- Cámara fotográfica.

- Equipos de protección personal.

**Etapa N°07.** Tratamiento de agua con diferentes proporciones de carbón activado, en esta fase se utilizó el filtro de arena rápido, en el cual se colocó los siguientes materiales: Gravilla de 3/4, gravilla de 1/2 y gravilla de 3/8", luego se colocó un papel filtro, y posteriormente a ello se agregó carbón activado de semillas de pino con los siguientes espesores: 1 cm (500 gr), 2 cm (1000 gr), 3 cm (1500 gr) y 4 cm (2000 gr), y por último se colocó una capa de arena fina de 40 cm. Después de haber completado el filtro con sus capas respectivas se procedió a colocar 20 litros de agua en un recipiente de vidrio; seguidamente se procedió a abrir la válvula para que el agua pueda filtrarse por las diferentes capas de material y de tal forma realizar el tratamiento adecuado. Después de un periodo específico de filtración, se procedió a recoger muestras de agua de cada tratamiento y se trasladaron al laboratorio de agua para su análisis de los parámetros físico, químico y microbiológico de las muestras que han sido tratadas.

### **Materiales**

- Arena lavada
- Gravilla de 3/4"
- Gravilla de 1/2"
- Gravilla de 3/8"
- Papel filtro
- Carbón activado de pino
- Baldes de agua del río San Lucas
- Recipientes del laboratorio del agua
- Balde de 10 litros

## **Instrumentos**

- Recipiente de 25 litros
- Filtro de arena
- Cooler de 20 litros
- Cadena de custodia del laboratorio del agua
- Cuaderno de apuntes
- Cronometro
- pH metro de mano

**Etapa N°08.** En esta fase, el laboratorio regional del agua realizó el análisis de los aspectos físico-químicos y microbiológicos tanto en la muestra patrón como en los cuatro tratamientos, que consistieron en 1 cm (500 gr), 2 cm (1000 gr), 3 cm (1500 gr) y 4 cm (2000 gr). Estas muestras se obtuvieron de la estación meteorológica N°08, perteneciente al río San Lucas. En el contexto de los parámetros físicos, se examinaron la turbidez, el pH a 25 °C, la conductividad a 25 °C, los sólidos totales y el oxígeno disuelto. En cuanto a los parámetros químicos, se realizaron a cabo análisis de aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobre, cobalto, cromo, hierro, litio, magnesio, manganeso, níquel, plomo, selenio y zinc. Por último, dentro de los parámetros microbiológicos, se incluyen los coliformes termotolerantes.

## **Aspectos éticos**

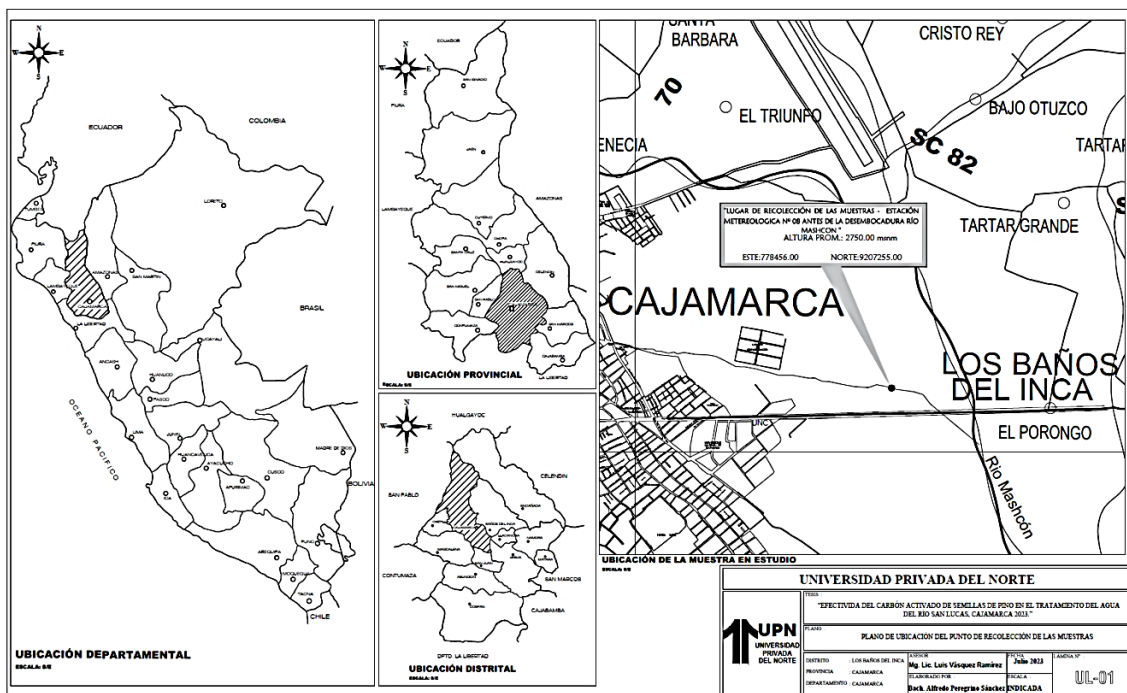
La investigación se realizó de acuerdo a los lineamientos éticos de la Universidad Privada del Norte, lo que implicó el respeto por los derechos del autor mediante la adecuada cita de ideas de otros autores, conforme a las pautas establecidas en el manual APA séptima edición. Además, se garantiza la veracidad de los resultados, los cuales han sido analizados por el laboratorio regional del agua.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

Para fines de la presentación se consideró como punto de muestreo, la estación meteorológica N°08, perteneciente al río San Lucas, debido a que es uno de los puntos críticos más contaminados. Esta se encuentra indicada en el plano que se muestra a continuación.

**Figura 6.**

*Ubicación de la estación meteorológica n°08.*



Para el tratamiento de agua con carbón activado de semillas de pino se consideraron los siguientes criterios:

**Tabla 5.**

*Medición de los caudales de acuerdo a los tratamientos realizados.*

| Dosificaciones    | Volumen (m3) | Tiempo (s) | Caudal (m3/s) |
|-------------------|--------------|------------|---------------|
| e= 1 cm (500 gr)  | 0.02         | 1507.20    | 1.3269E-05    |
| e= 2 cm (1000 gr) | 0.02         | 1707.00    | 1.1716E-05    |
| e= 3 cm (1500 gr) | 0.02         | 1876.20    | 1.0659E-05    |
| e= 4 cm (2000 gr) | 0.02         | 2043.60    | 9.7866E-06    |

*Nota.* La tabla muestra cómo se calcula el flujo en función de los diversos espesores de carbón activado de pino, empleados en el proceso de tratamiento del agua procedente del río San Lucas.

Después de completar el proceso de tratamiento del agua, se lograron los siguientes resultados.

**Tabla 6.**  
*Parámetros físico-químicos del agua del Río San Lucas.*

| Análisis físico-químico   | Unidad de medida | Muestra antes del tratamiento | Tratamiento con carbón activado de pino |                |                |                |            |
|---------------------------|------------------|-------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|------------|
|                           |                  |                               | e= 1cm (500 gr)                         | e=2cm (1000gr) | e=3cm (1500gr) | e=4cm (2000gr) | LMP (ECAs) |
| Turbidez                  | NTU              | 96.5                          | 53.45                                   | 15.95          | 26.5           | 5.76           | 5          |
| PH a 25 C°                | PH               | 7.14                          | 7.10                                    | 6.95           | 6.73           | 6.41           | 6.5 a 8.5  |
| Conductividad a 25 C°     | µs/cm            | 874                           | 917                                     | 1056           | 1260           | 1478           | 2500       |
| Sólidos Disueltos totales | mg/l             | 504                           | 544                                     | 617            | 716            | 770            | 1000       |
| Oxígeno Disuelto          | mg O2/L          | 2.2                           | 2.25                                    | 2.37           | 2.23           | 2.48           | >4         |

*Nota.* La tabla exhibe los resultados de los parámetros físico-químicos del agua antes y después del tratamiento con carbón activado según los ensayos de laboratorio. Inicialmente, el agua presentaba una turbidez de 96,5 NTU; la cual disminuyó a 53,45 NTU usando un espesor de 1cm (500 gr) de carbón activado de pino; y es más notoria la disminución a partir del tratamiento con espesor de 2cm (1000 gr) de carbón activado (15,95 NTU); en el tratamiento con espesor 3cm (1500 gr) se obtuvo 26,5 NTU; y con espesor 4cm (2000 gr) se obtuvo 5,76 NTU, el cual es más cercano a los ECAs

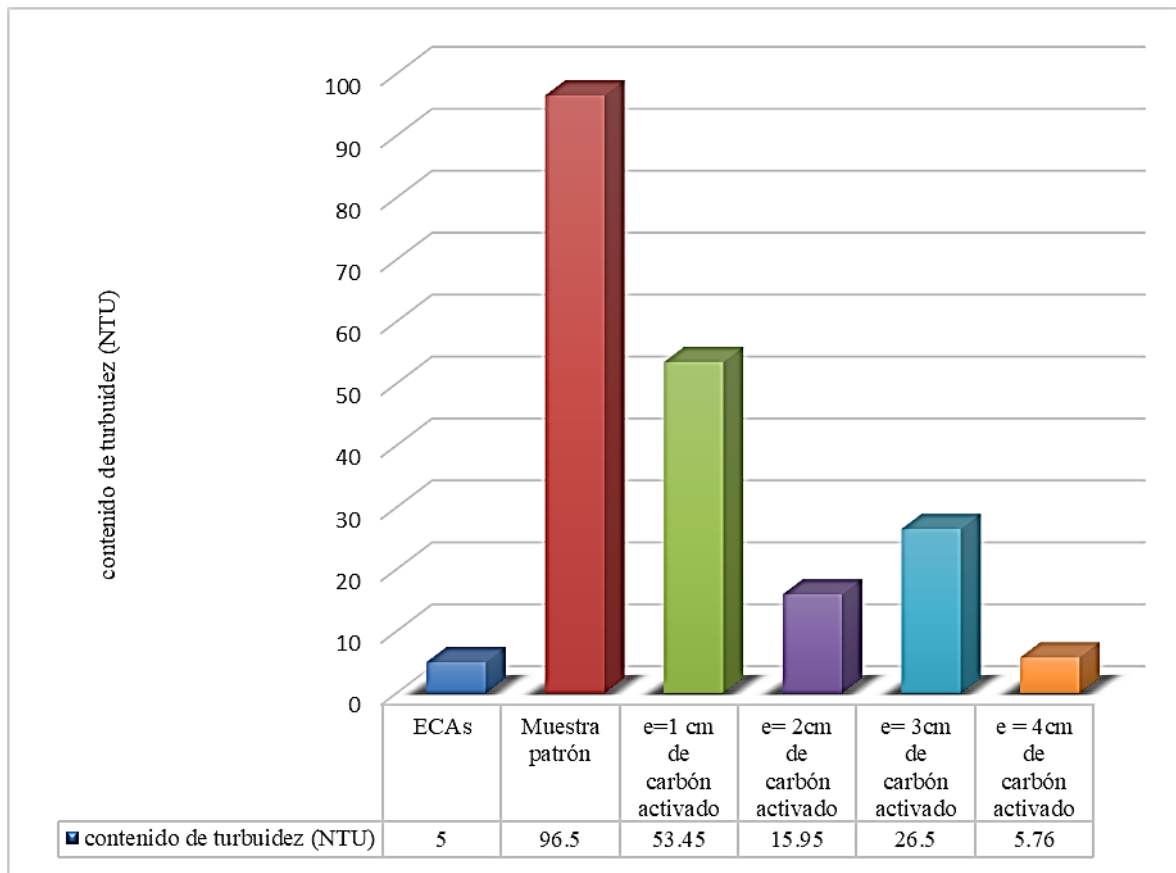
En cuanto al pH, se observa que antes del tratamiento el agua presentaba un pH igual a 7.14 unidades de pH; el cual disminuyó a partir de los tratamientos. Cuando se usó un espesor de un 1cm (500 gr) de carbón activado de pino se obtuvo un pH de 7.10; con un espesor de 2cm (1000 gr) se obtuvo un pH de 6.95, con espesor de 3cm (1500 gr) de carbón activado se obtuvo un pH de 6.7; y con espesor de 4cm (2000 gr) de carbón activado se obtuvo un pH de 6.41.

En relación a la conductividad, la muestra de agua inicial tenía conductibilidad de 874; a partir del tratamiento con un espesor de 1cm (500 gr) de carbón activado de pino, se obtuvo una conductividad de 917; con un espesor de 2cm (1000 gr) de carbón activado de pino se obtuvo una conductividad de 1056; con un espesor de 3cm (1500 gr) de carbón activado de pino se obtuvo una conductividad de 1260; y con un espesor de 4cm (2000 gr) de carbón activado de pino se obtuvo una conductividad de 1478  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

En lo que concierne a los sólidos disueltos totales, la muestra de agua antes recibir el tratamiento presentaba una concentración de 504 mg/l; y a partir del tratamiento con un espesor de 1 cm (500 gr) de carbón activado de pino se obtuvo 544 mg/l; con un espesor de 2 cm (1000 gr) de carbón activado de pino se obtuvo 617 mg/l; con un espesor de 3 cm (1500 gr) de carbón activado se obtuvo 716 mg/l; y con un espesor de 4 cm (2000 gr) de carbón activado se obtuvo 770 mg/l.

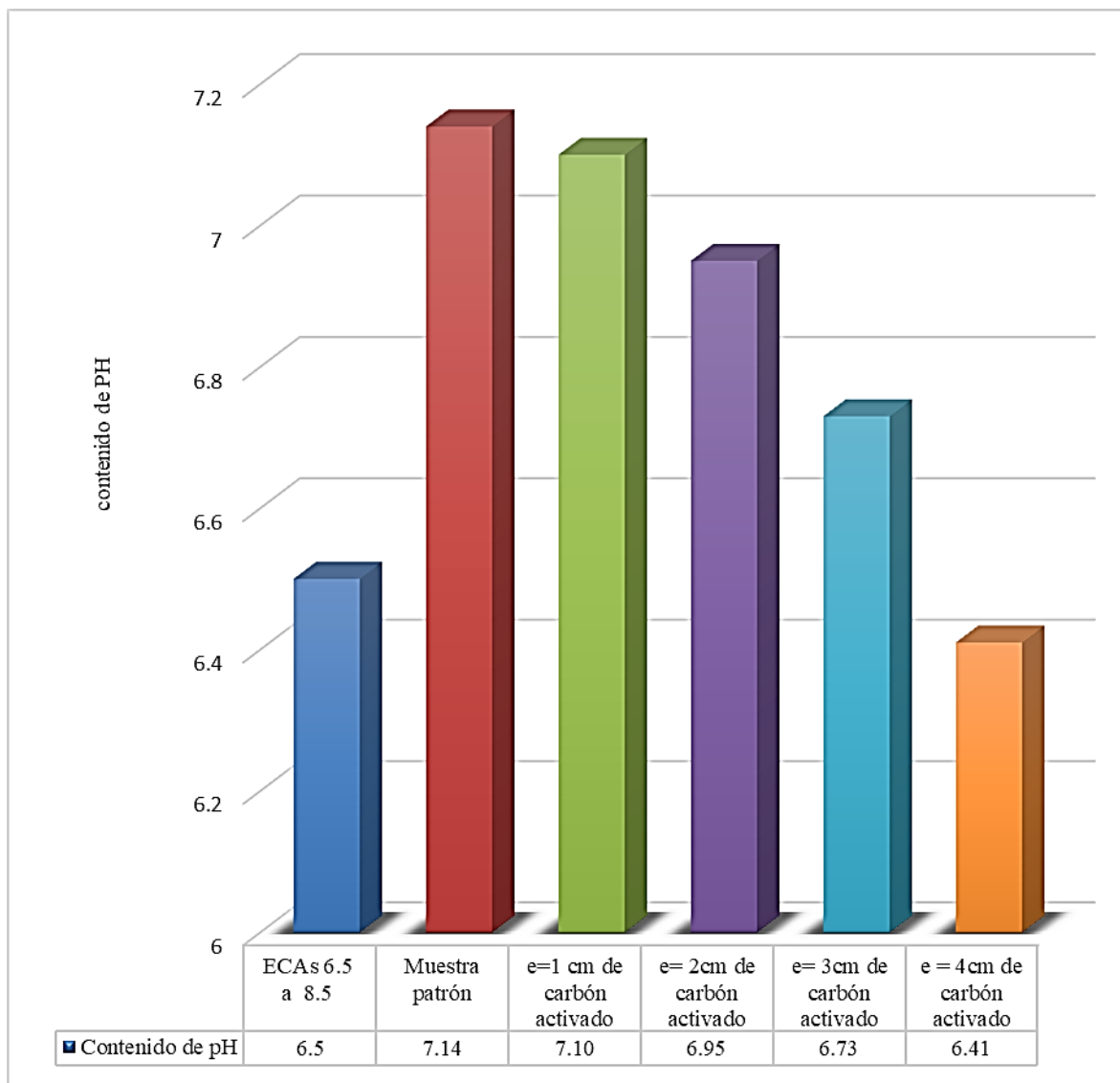
Y, finalmente, se halló 2.2 mg O<sub>2</sub>/L de Oxígeno Disuelto; a partir del tratamiento con un espesor de 1 cm (500 gr) de carbón activado se obtuvo 1.2 mg O<sub>2</sub>/L de OD; con un espesor de 2 cm (1000 gr) de carbón activado de pino se obtuvo 1.4 de mg O<sub>2</sub>/L; con un espesor de 3 cm (1500 gr) de carbón activado se obtuvo 2.2 mg O<sub>2</sub>/L de OD; y con un espesor de 4 cm (2000 gr) de carbón activado se obtuvo 3.10 mg O<sub>2</sub>/L

**Figura 7.**  
*Variación de la turbidez, según la dosificación de carbón activado.*



*Nota.* En la representación gráfica se puede apreciar la variación en los niveles de turbidez; los valores obtenidos con cada tratamiento varían de manera significativa, se visualiza que el tratamiento más óptimo es utilizando un espesor de 4 cm (2000 gr) de carbón activado de pino. Esto es especialmente relevante porque, según los (ECAs), el agua de categoría 3, D1 y D2, debe tener un contenido máximo de turbidez de 5 NTU. Y, con el espesor de 4 cm (2000 gr) de carbón activado de pino se obtuvo 5,76 NTU, dicho valor es el que más se acerca ECAs para la categoría 3 D1 y D2

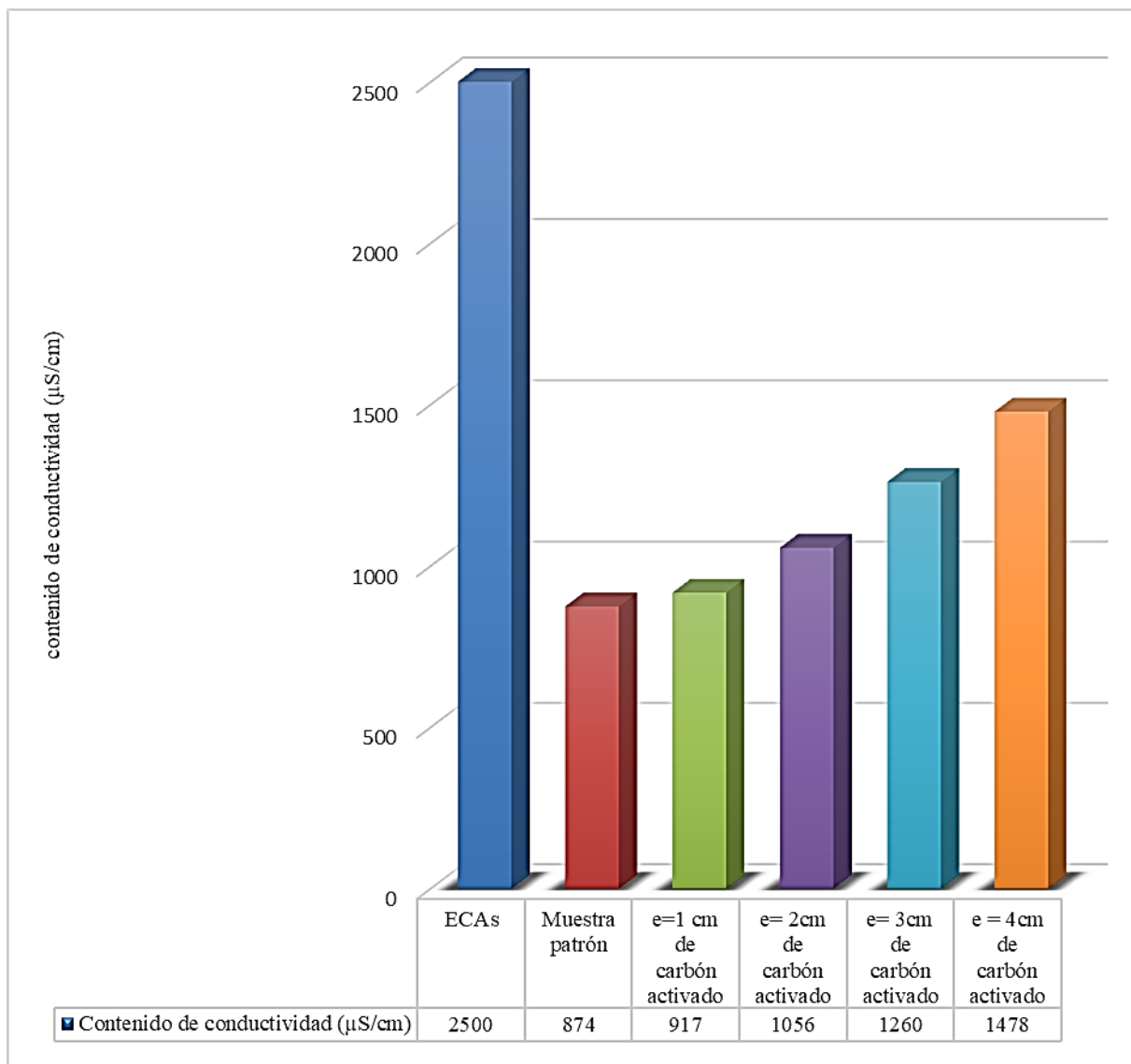
**Figura 8.**  
*Variación del PH, según la dosificación de carbón activado.*



*Nota.* Se puede notar en el gráfico la variación en cuanto al pH que registró cada muestra de agua, los valores obtenidos con cada tratamiento muestran que, en la primera y segunda muestra la disminución de pH es mínima; a partir de la tercera y cuarta muestra es más notoria la disminución; de todas las dosis de carbón activado, el tratamiento más óptimo es utilizando un espesor de 3 cm (1500 gr), con el que se obtuvo un pH de 6.73, dicho valor es el más cercano a los (ECAs) para agua de categoría 3.



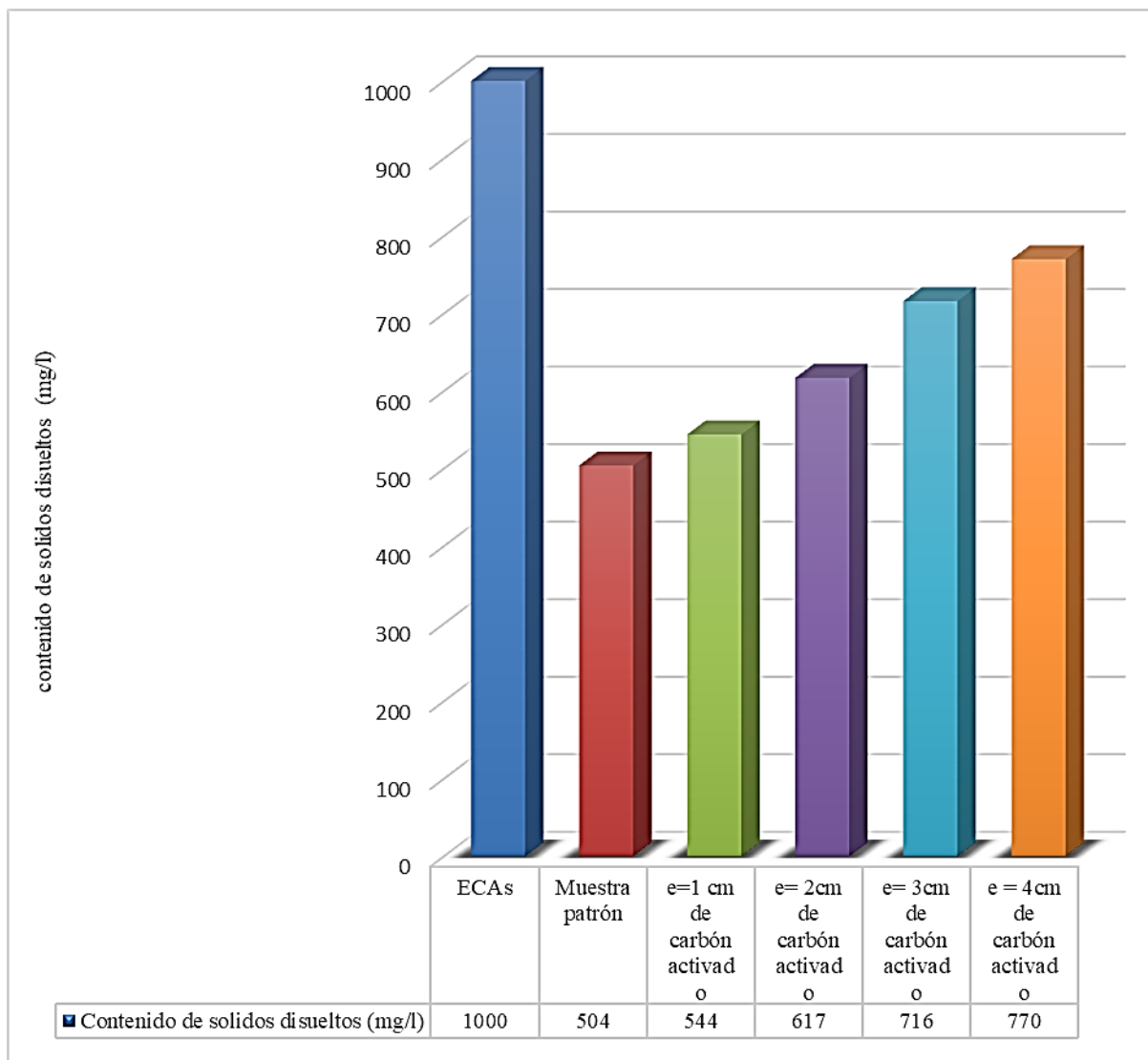
**Figura 9.**  
*Variación de la conductividad, según la dosificación de carbón activado*



*Nota.* El gráfico ilustra las variaciones de la conductividad de acuerdo a las evaluaciones realizadas en el laboratorio de agua. En comparación a la muestra antes del tratamiento, se observa un cambio representativo; de las cuatro muestras, la cuarta muestra arrojó una conductividad de 1478 (µS/cm), que se acerca a los (ECAs) para agua de categoría 3 D1 y D2. Esto se logró mediante el uso de una capa de 4 cm (2000 gr) de carbón activado de pino.

**Figura 10.**

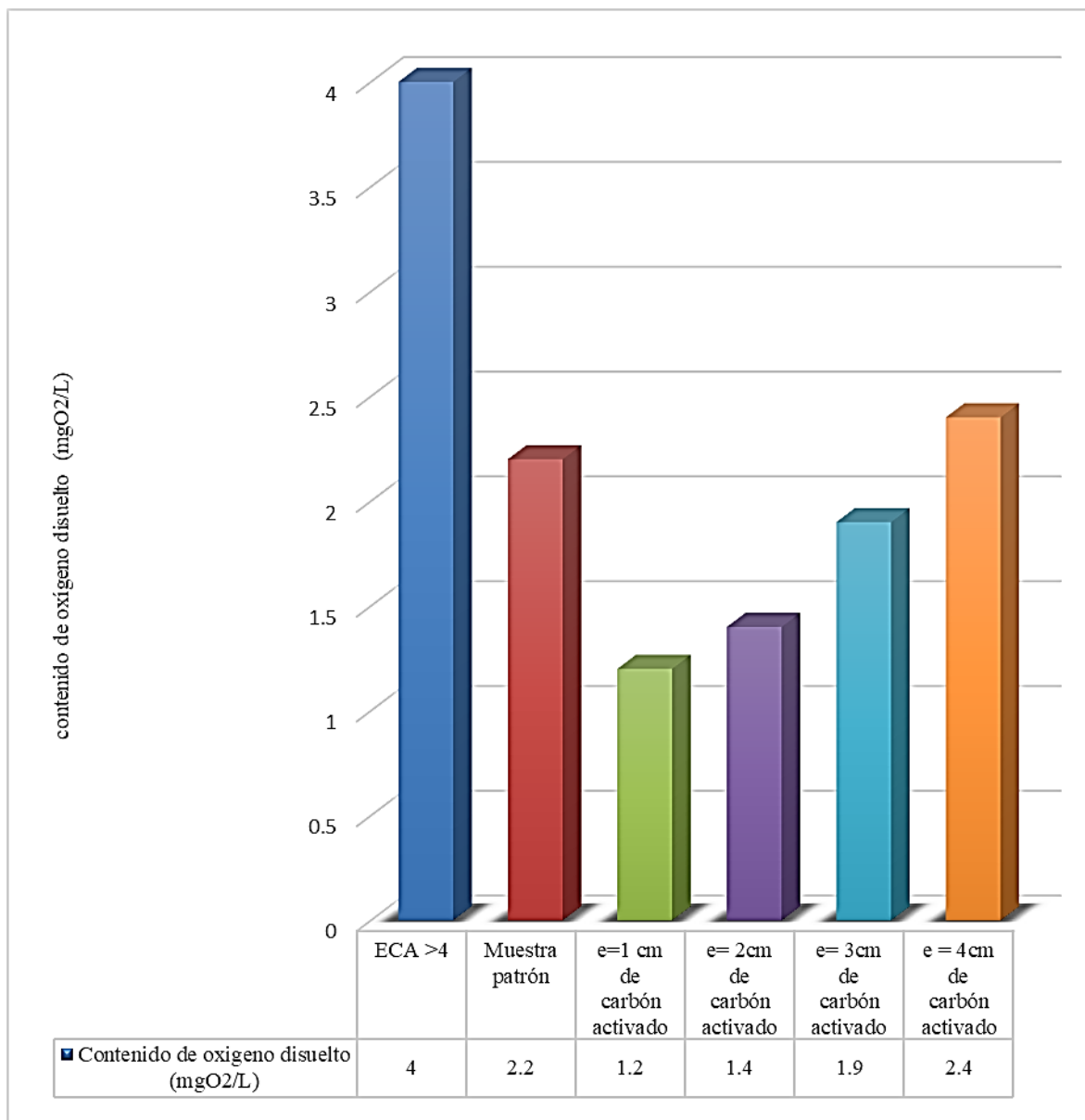
*Variación de sólidos disueltos, según la dosificación de carbón activado*



*Nota.* Dentro de la representación visual se refleja la concentración de sólidos disueltos según los análisis de laboratorio de cada muestra de agua. En comparación a la muestra antes del tratamiento, se observa cierto cambio en los valores; de las cuatro muestras, la cuarta muestra, usando un espesor de 4 cm (2000 gr) de carbón activado de pino, se obtuvo 770 mg/l sólidos disueltos, dicho valor es el que más se acerca a los ECAs para agua de categoría 3; ya que, este tipo de agua debe contener un máximo de 1000 mg/l de sólidos totales.

**Figura 11.**

*Variación de oxígeno disuelto, según la proporción de carbón activado*



*Nota.* En la representación gráfica se observa la fluctuación del oxígeno disuelto en función de los análisis de laboratorio realizados en cada muestra de agua. En comparación a la muestra antes del tratamiento, se observa cierto cambio en los valores; de las dos últimas muestras, la cuarta muestra, usando un espesor de 4 cm (2000 gr) de carbón activado de pino, es la que más se acerca a los ECAs para la categoría 3.

**Tabla 7.**  
*Parámetros inorgánicos del agua.*

| Inorgánicos   | Unidad de medida | Muestra antes del tratamiento | Tratamiento con carbón activado de pino |                 |                 |                 | LMP (ECAs) |
|---------------|------------------|-------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
|               |                  |                               | e= 1cm (500gr)                          | e= 2cm (1000gr) | e= 3cm (1500gr) | e= 4cm (2000gr) |            |
| Aluminio      | mg/l             | 0.316                         | 0.556                                   | 0.816           | 1.097           | 1.121           | 5          |
| Arsénico (As) | mg/l             | <LCM                          | <LCM                                    | <LCM            | <LCM            | <LCM            | 0.1        |
| Bario (Ba)    | mg/l             | 0.048                         | 0.492                                   | 0.545           | 0.607           | 0.739           | 0.7        |
| Berilio       | mg/l             | <LCM                          | <LCM                                    | <LCM            | <LCM            | <LCM            | 0.1        |
| Boro          | mg/l             | <LCM                          | 0.047                                   | 0.075           | 0.153           | 0.369           | 1          |
| Cadmio (Cd)   | mg/l             | <LCM                          | <LCM                                    | <LCM            | <LCM            | <LCM            | 0.001      |
| Cobre (Cu)    | mg/l             | <LCM                          | <LCM                                    | <LCM            | <LCM            | <LCM            | 0.2        |
| cobalto       | mg/l             | <LCM                          | <LCM                                    | 0.01            | 0.015           | 0.021           | 0.05       |
| Cromo (Cr)    | mg/l             | <LCM                          | 0.014                                   | 0.025           | 0.048           | 0.045           | 1          |
| hierro        | mg/l             | 0.133                         | 0.192                                   | 0.627           | 1.612           | 2.423           | 5          |
| litio         | mg/l             | 0.007                         | 0.041                                   | 0.055           | 0.062           | 0.047           | 2.5        |
| magnesio      | mg/l             | 5.649                         | 5.701                                   | 5.813           | 5.921           | 5.997           | 0          |
| manganeso     | mg/l             | 0.034                         | 0.037                                   | 0.042           | 0.047           | 0.063           | 0.2        |
| Níquel (Ni)   | mg/l             | <LCM                          | 0.019                                   | 0.028           | 0.036           | 0.042           | 0.2        |
| Plomo (Pb)    | mg/l             | <LCM                          | <LCM                                    | <LCM            | <LCM            | <LCM            | 0.05       |
| Selenio       | mg/l             | <LCM                          | <LCM                                    | <LCM            | <LCM            | <LCM            | 0.02       |
| Zinc (Zn)     | mg/l             | 0.055                         | 0.032                                   | 0.458           | 1.025           | 1.053           | 2          |

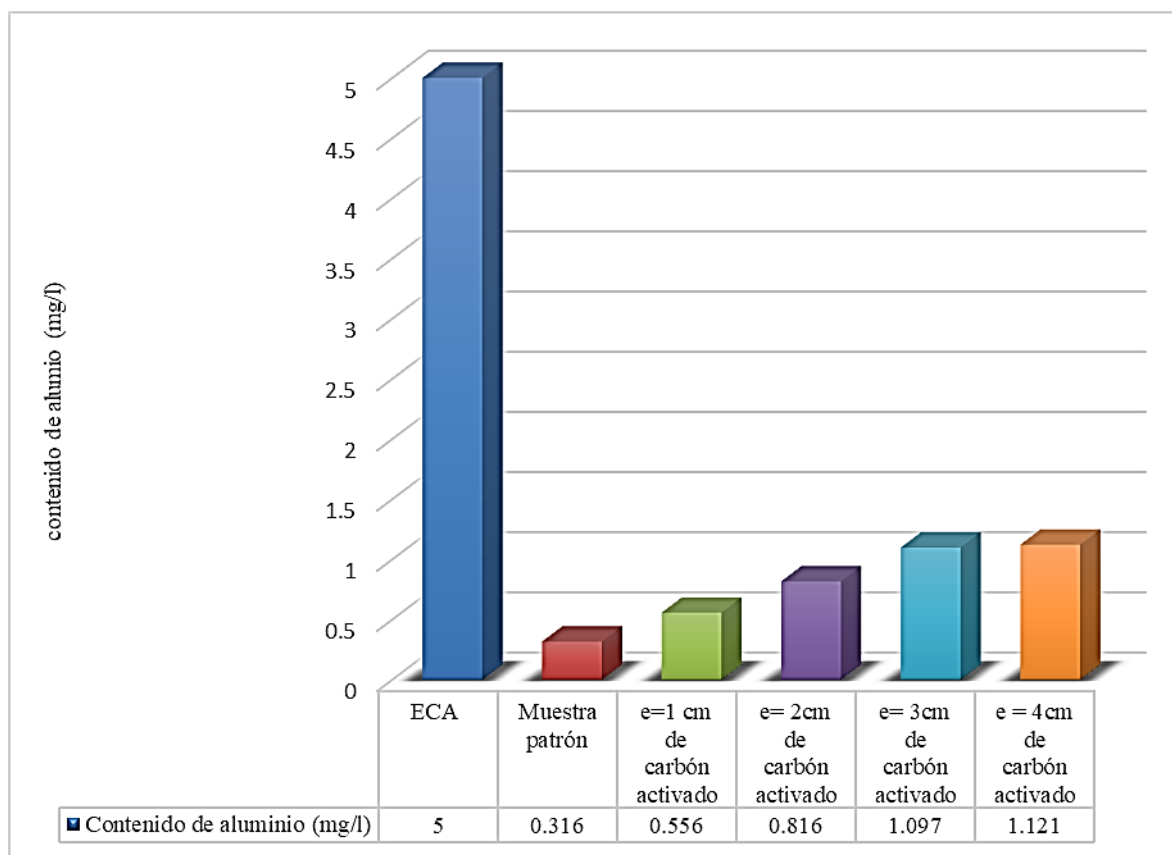
*Nota.* En el cuadro de datos se presentan los parámetros inorgánicos presentes en las cinco muestras de agua. Se visualiza que en la muestra antes del tratamiento se hallaron metales tales como: Aluminio (0,316), Bario (0.048), Hierro (0.133), Litio (0.007) Magnesio (5.649), Manganeso (0.034), Zinc (0.055). En la primera muestra tratada con espesor de 1 cm (500gr) de carbón activado de pino se halló: Aluminio (2.77), Bario (0.492), Boro (0.04), Cromo (0.014), Hierro (0.192), Litio (0.041) Magnesio (5.701), Manganeso (0.037), Níquel (0.019), Plomo (0.022) Zinc (0.032).

En la segunda muestra de agua tratada con espesor de 2 cm (1000 gr) se halló: Aluminio (0.556), Bario (0.492), Boro (0.047), Cobalto (0.075), Cromo (0.025), Hierro (0.627), Litio (0.055) Magnesio (5.81), Manganeso (0.018), Níquel (0.028), Zinc (0.458).

En la tercera muestra de agua tratada con espesor de 3 cm (1500 gr) se halló: Aluminio (1.097), Bario (0.15), Boro (0.075), Cobalto (0.015), Cromo (0.048), Hierro (1.612), Litio (0.06) Magnesio (5.921), Manganeso (0.037), Níquel (0.036,) Zinc (1.025). Y, en la cuarta espécimen de agua tratada con espesor de 4 cm (2000 gr) se halló: Aluminio (1.121), Bario (0.739), Boro (0.36), Cobalto (0.021), Cromo (0.045), Hierro (2.423), Litio (0.047) Magnesio (5.997), Manganeso (0.057), Níquel (0.042), Zinc (1.053).

**Figura 12.**

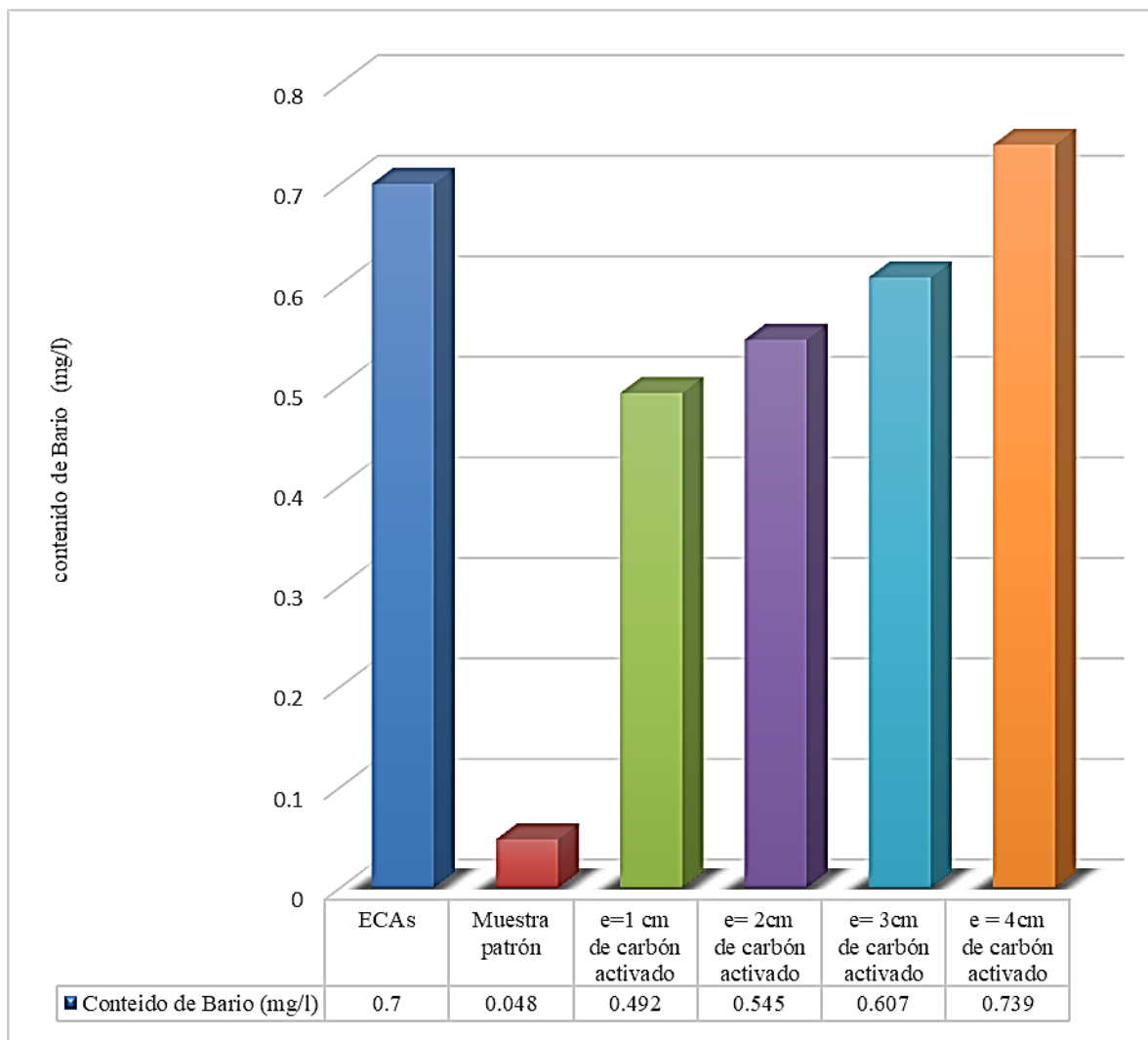
*Variación de contenido de aluminio, según la proporción de carbón activado*



*Nota.* Dentro de la representación gráfica se representa los cambios del contenido de aluminio, según los análisis de laboratorio. En comparación a la muestra antes del tratamiento, se observa cierto cambio en los valores; de las cuatro muestras, la cuarta muestra, utilizando un espesor de 4 cm (2000 gr) de carbón activado de pino, es la que más se acerca a los ECAs, para agua de categoría 3 D1 y D2.

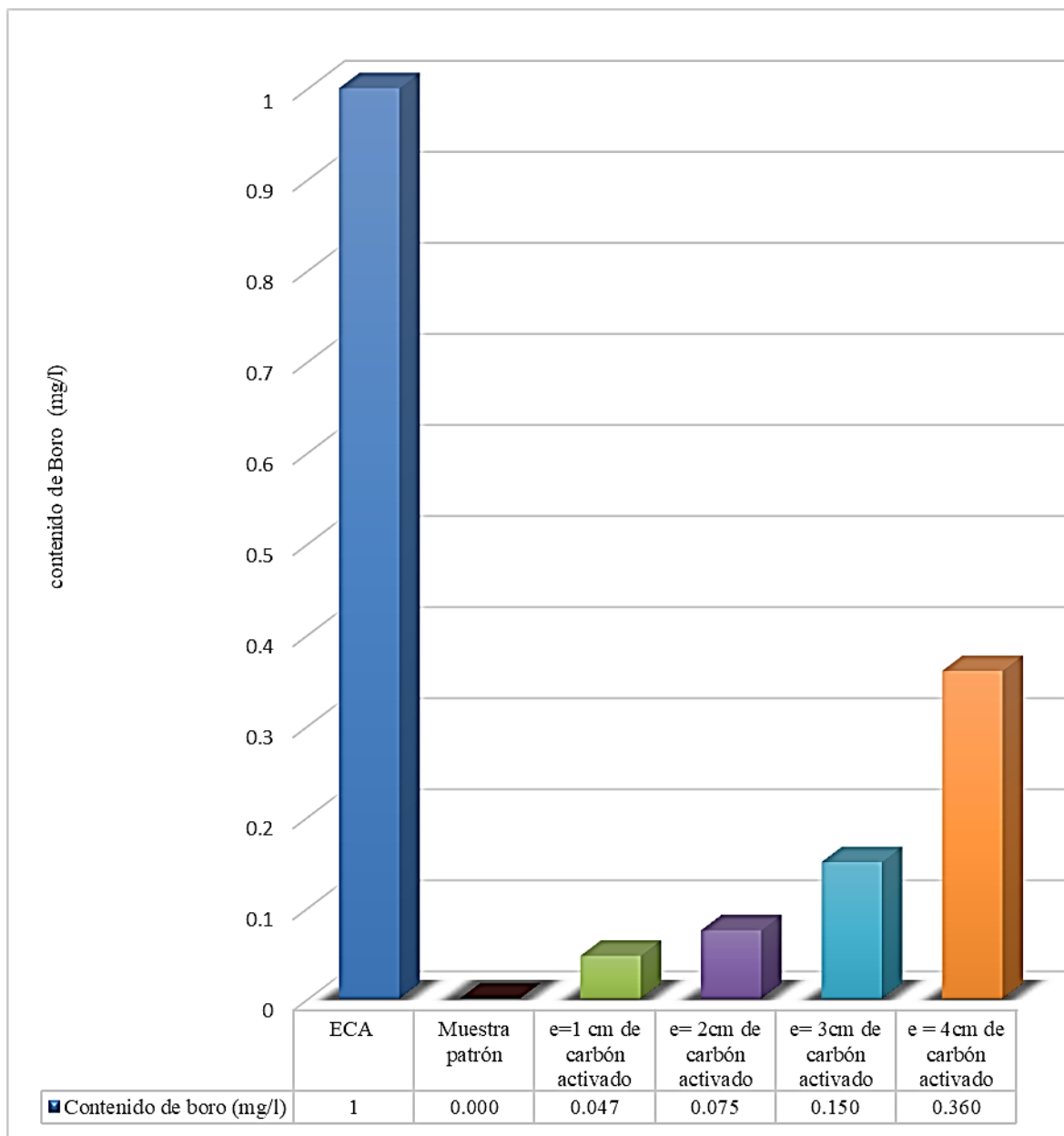
**Figura 13.**

*Variación de contenido de bario, según la dosificación de carbón activado*



*Nota.* Este gráfico muestra los cambios de los niveles de cada muestra de agua, según el análisis de laboratorio. Se observaron cambios representativos en los resultados en comparación con la muestra antes del tratamiento; el espesor de 3 cm (1500 gr) de carbón activado de pino, alcanzó un contenido de bario cercano a los ECAs, para agua de Categoría 3; esto significa que el tratamiento con la cantidad mencionada es óptimo.

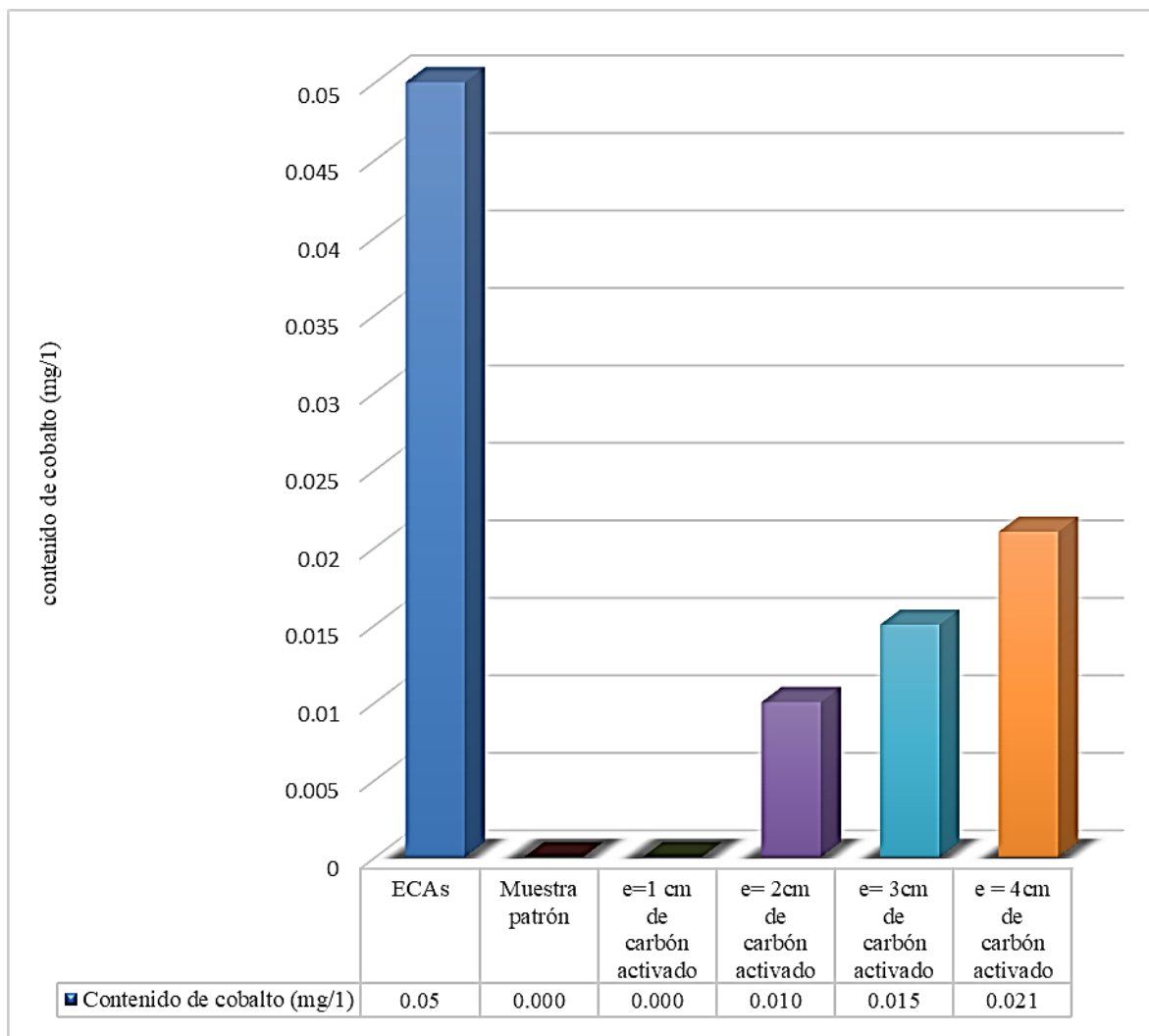
**Figura 14.**  
*Variación de contenido de boro, según la dosificación de carbón activado*



*Nota.* Los resultados del contenido de boro, varían de acuerdo a los tratamientos realizados. Se observó que con un espesor de 4 cm (2000 gr) de carbón activado de pino, se obtuvo 0.360 mg/l de boro; mismo que es más significativo en relación al resto de muestras; ya que, dicha muestra es la que más se acerca a los ECAs.

**Figura 15.**

*Variación de contenido de cobalto, según la dosificación de carbón activado.*

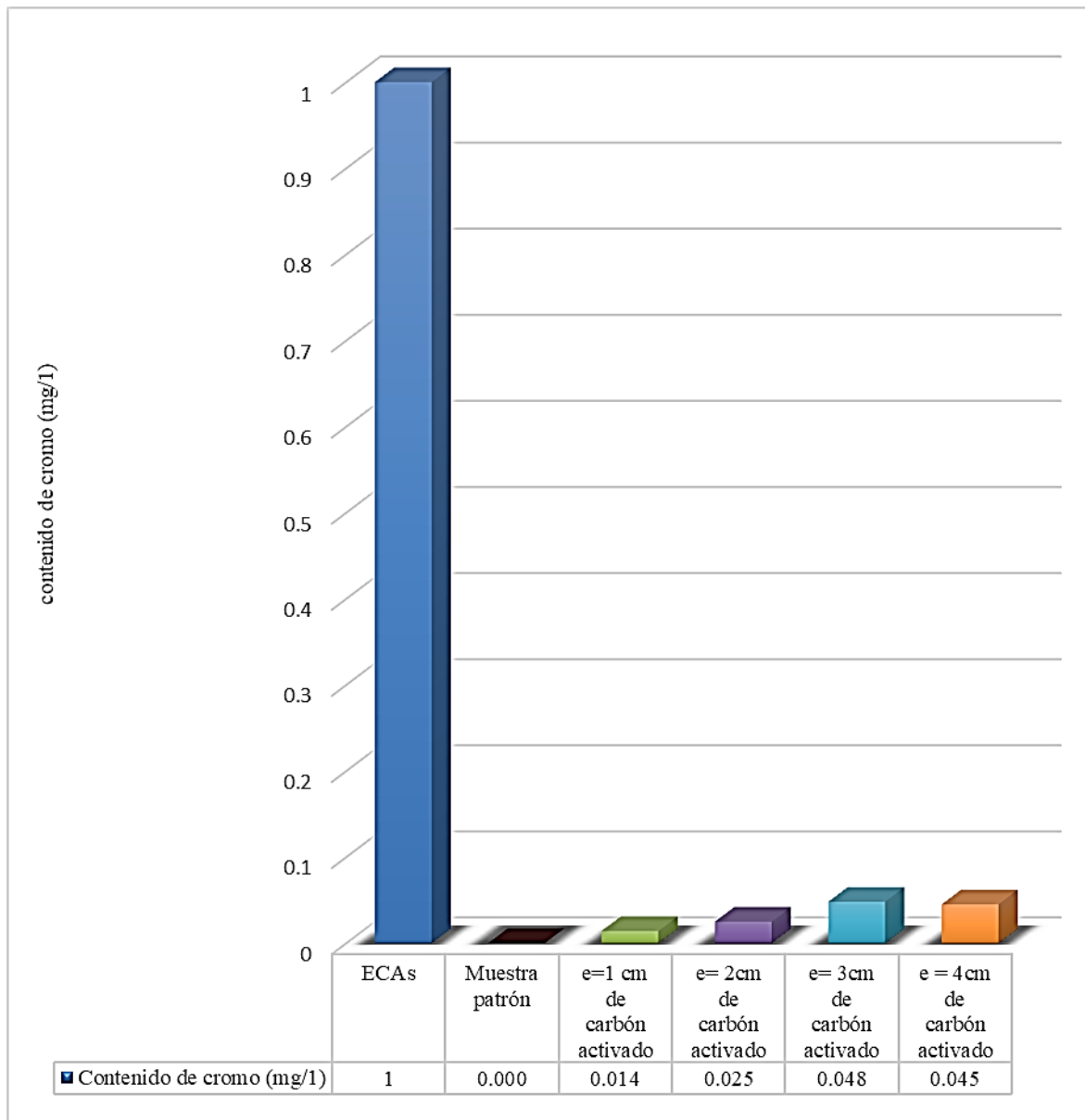


*Nota.* La variación en el contenido de cobalto se muestra en la figura y los valores para cada tratamiento son diferentes. Se puede observar que el mejor tratamiento es usando 4 cm (2000 gr) de carbón activado de pino; ya que, de acuerdo a los ECAs, el agua considerada dentro de la categoría 3 D1 y D2, debe contener un contenido máximo de boro de 0.05 mg/L. Y, se determinó que con un espesor de 4 cm (2000 gr) de carbón activado de pino, se obtuvo 0.021 mg/l, dicho valor es el más cercano a los ECAs.



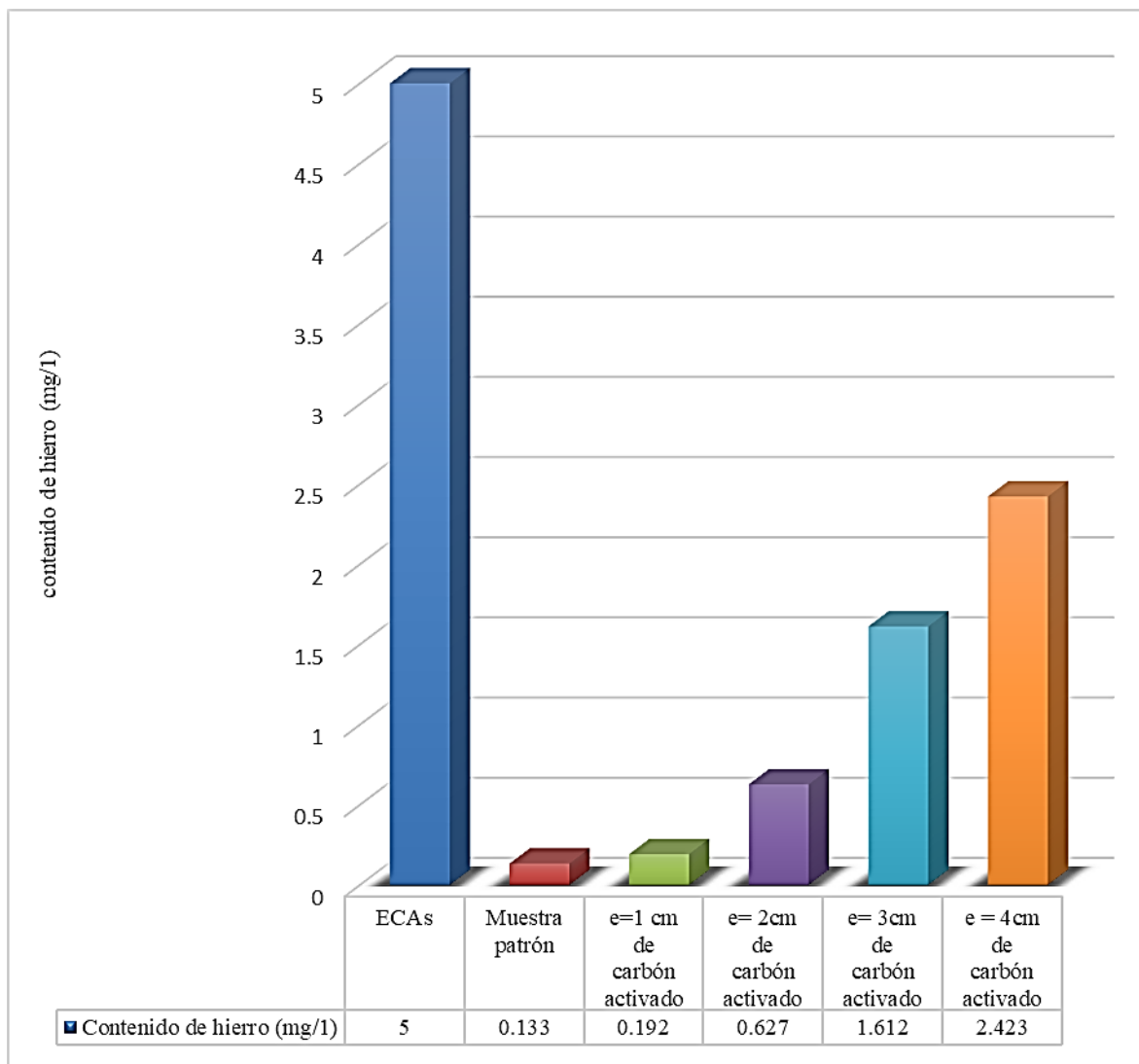
**Figura 16.**

*Variación de contenido de cromo, según la dosificación de carbón activado.*



*Nota.* Se indica que, comparando los resultados de la muestra estándar con las cuatro muestras con diferentes dosificaciones, se puede observar que, el valor del contenido del cromo en la muestra patrón es cero. Por otra parte, se observó que lo más óptimo es utilizar un espesor de 3 cm (1500 gr) de carbón activado; puesto que con este se obtuvo 0.048 mg/l, dicho valor es lo más cercano a los ECA.

**Figura 17.**  
*Variación de contenido de hierro, según la dosificación de carbón activado.*

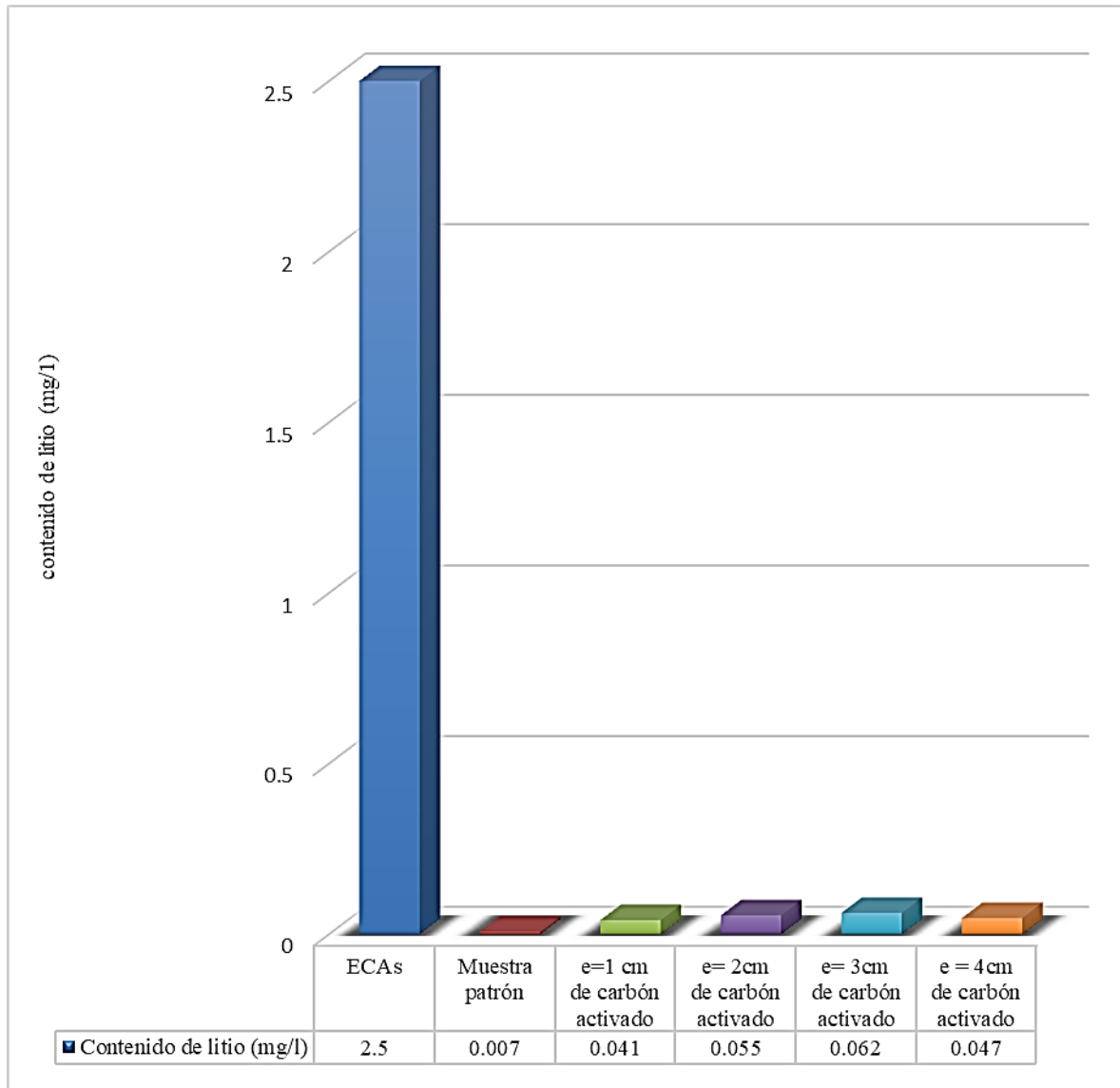


*Nota.* Se observa la cantidad de hierro presente en las muestras experimentales después del tratamiento con carbón activado de pino. A consecuencia se obtuvieron los siguientes resultados:

Según el gráfico, lo más óptimo es utilizar un espesor de 4 cm (2000 gr) de carbón activado de pino (2.423 mg/L); ya que con este se obtienen valores cercanos a los ECAs.

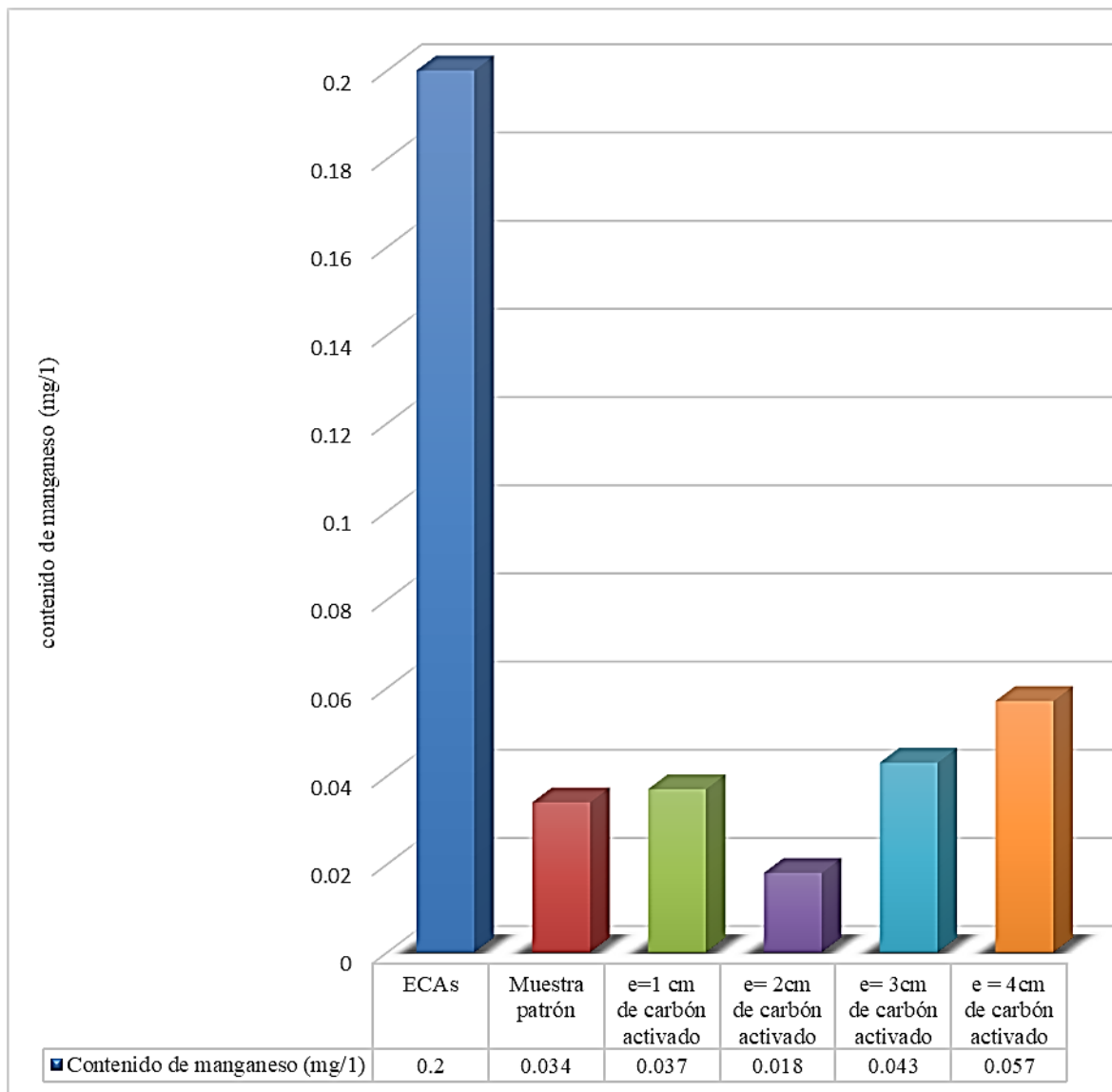
**Figura 18.**

*Variación de contenido de litio, según la dosificación de carbón activado.*



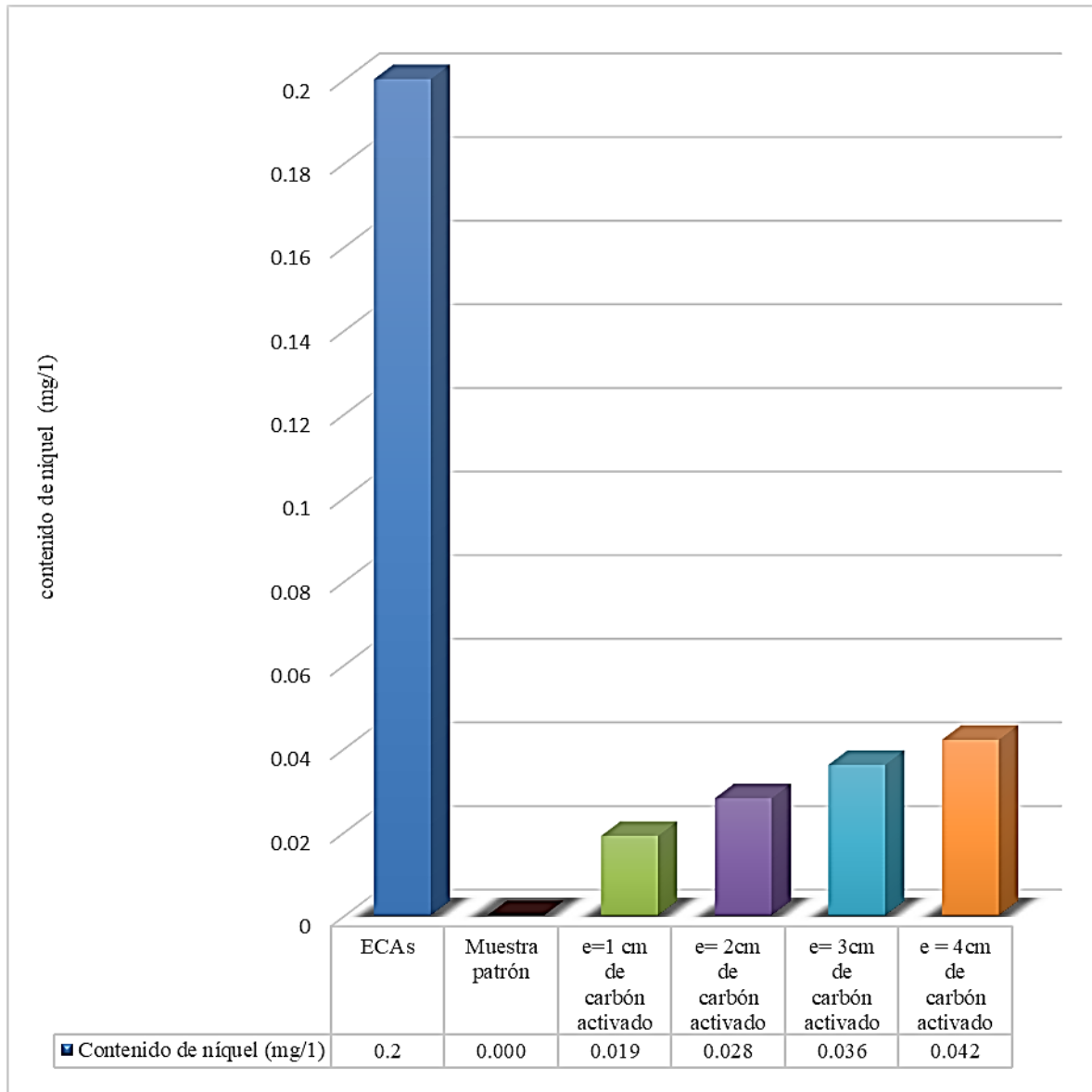
*Nota.* Se observa el porcentaje removido de contenido de litio en las muestras experimentales, luego de su tratamiento a través del carbón activado de pino. Se obtuvo porcentajes bajos de remoción de litio; de las cuatro dosificaciones con diferentes espesores de carbón activado de pino; se observó que el espesor de 3 cm (1500 gr) de carbón activado de pino, es la que más se acerca a los (ECAs) para agua categoría 3.

**Figura 19.**  
*Variación en la concentración de manganeso, en relación a la dosificación de carbón activado*



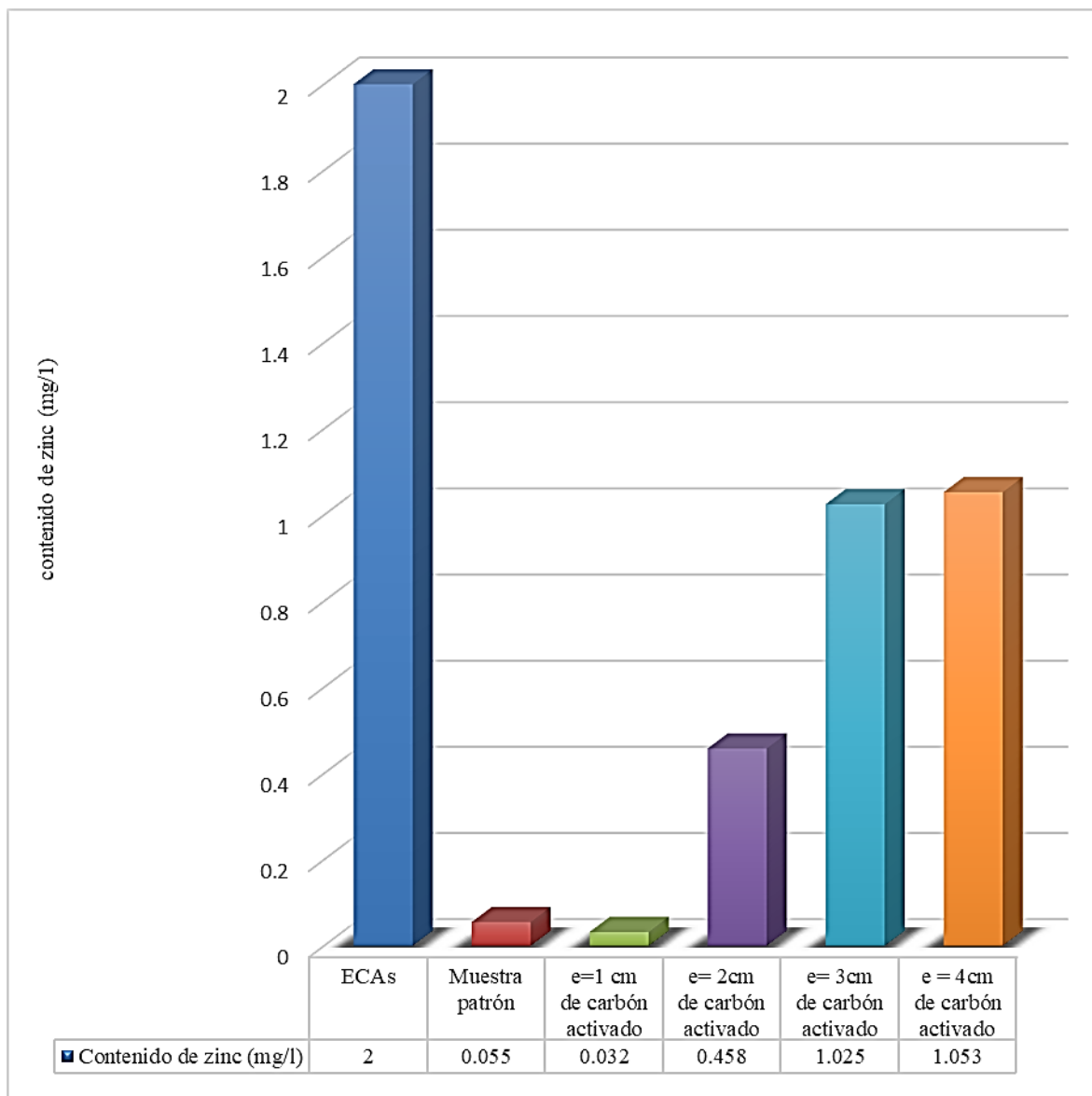
*Nota.* De acuerdo al gráfico, el tratamiento que permite obtener un valor más cercano a los ECAs, es utilizando un espesor de 4 cm (2000gr) de carbón activado de semillas de pino. Asimismo, se observa que el tratamiento con 2 cm (1000 gr) de carbón activado, presenta un valor más bajo en relación a los demás tratamientos.

**Figura 20.**  
*Variación de contenido de níquel, según la dosificación de carbón activado.*



*Nota.* La variación en el contenido de níquel se muestra en la figura y los valores para cada tratamiento son diferentes. Se puede ver que el mejor tratamiento es utilizando 4 cm (2000 gr) de espesor; ya que con dicho tratamiento permite obtener valores cercanos a los ECAs

**Figura 21.**  
*Variación de contenido de zinc, según la dosificación de carbón activado*



*Nota.* Este gráfico muestra los cambios en los niveles de zinc registrados para cada muestra de agua, de acuerdo al análisis de laboratorio. Se observaron cambios significativos en los resultados en comparación con la muestra antes del tratamiento; con un espesor de 4 cm (2000 gr) de carbón activado de pino, se alcanzó una concentración de bario cercano a los ECAs.

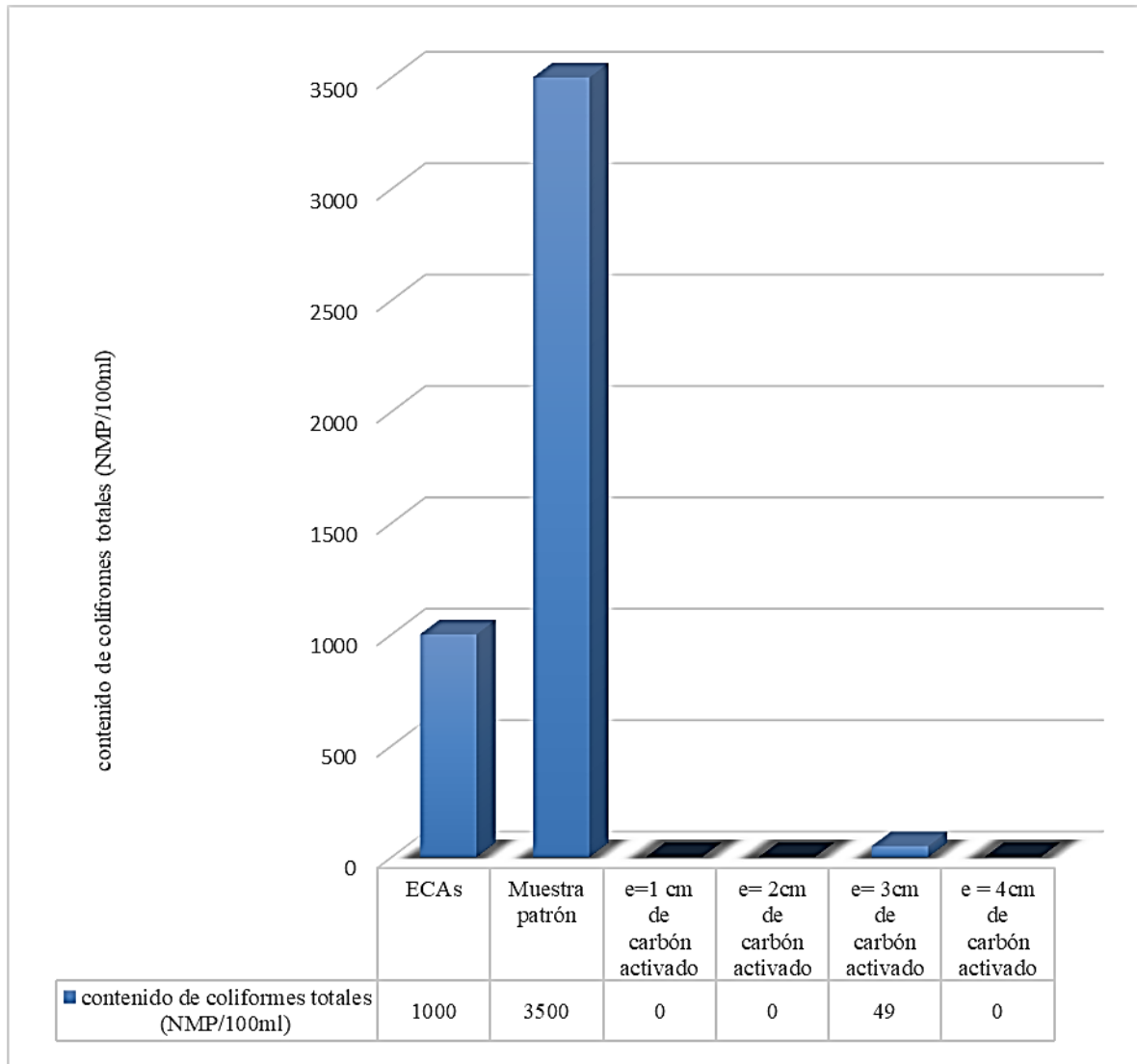
**Tabla 8.**  
*Parámetro microbiológico del agua*

| Coliformes Termotolerantes | Unidad de medida | Muestra antes del tratamiento | Tratamiento con carbón activado de pino |                 |                 |                 | LMP (ECAs) |
|----------------------------|------------------|-------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
|                            |                  |                               | e= 1cm (500gr)                          | e= 2cm (1000gr) | e= 3cm (1500gr) | e= 4cm (2000gr) |            |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100ml        | 35 x 10 <sup>4</sup>          | <1.8                                    | <1.8            | 49              | <1.8            | 1000       |

*Nota.* En la tabla se muestran los indicadores microbiológicos presentes en los cinco especímenes de agua. Se visualiza que en la muestra antes del tratamiento se hallaron coliformes termotolerantes de 35 x 10<sup>4</sup>; y utilizando espesores de 1 cm (500 gr), 2 cm (1000 gr), 3 cm (1500 gr) y 4 cm (2000 gr), se puede observar que se ha reducido a un valor menor a 1000 NMP/100ml, lo cual está dentro de los límites permisibles de los ECAs.

**Figura 22.**

*Variación de coliformes termotolerantes, según la dosificación de carbón activado.*



*Nota.* El gráfico exhibe los niveles de coliformes totales hallados en los tratamientos de agua. Se aprecia que, comparando los especímenes de agua antes del proceso, se obtuvo una reducción significativa en tres de las muestras, se registra un valor  $<1.8$  de coliformes totales; por lo cual se prueba que, el procesamiento de agua con carbón activado de pino, tiene alta efectividad para reducir el contenido de coliformes.



## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusión

De acuerdo a los datos alcanzados se logró comprobar la hipótesis general, de que el carbón activado de semillas de pino es efectivo en el tratamiento de agua del río San Lucas, usando un espesor de 4cm (2000 gr); debido a que dicho espesor registró cambios representativos en los indicadores físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua analizadas, pues el tratamiento de aguas debe contribuir a la reducción o eliminación de factores contaminantes, de modo que pueda ser utilizada para los fines pertinentes (Miranda, 2022).

En esta línea, en la tabla 5, respecto a los parámetros físicos – químicos se registra una disminución significativa en la turbidez, este parámetro es relevante porque los niveles elevados de turbidez pueden actuar como un escudo para los microorganismos, al impedir que los procesos de desinfección los afecte, lo que a su vez fomenta el crecimiento bacteriano; y al reducir la turbidez se evita la reproducción de microorganismos en el agua; en los resultados de este estudio se visualiza una reducción de 96.5 a 5.76 NTU. Estos resultados se asemejan a los de Manosalva (2016), quien utilizó carbón activado de madera de pino, y logro reducir la turbidez de 11.27 NTU a 3.11 NTU; asimismo Chiclote (2018), en su investigación obtuvo una reducción significativa de turbidez de 1.16 a 0.72 NTU; de igual manera Tomeli (2018), consiguió reducir la turbidez a 7.54 NTU. Del mismo modo, en el estudio de Mauricio y campos (2019) se observó una reducción notable de la turbidez, pasando de 200 a 142 NTU. En línea con estos hallazgos, es relevante mencionar el trabajo de Ñacari (2017) que logró reducir la turbidez de 186 a 3 NTU

Con respecto a los resultados del pH, se ha podido verificar una disminución relevante, lo cual es muy importante ya que, el nivel de acidez en el agua tiene un impacto

directo en la habilidad de las plantas para absorber los nutrientes, así como en la eliminación de compuestos como pesticidas o metales pesados; en este sentido, se obtuvo una reducción de 7.14 a 6.41 de pH. A dichos resultados se asemejan los de García y Díaz (2017), quienes utilizando carbón activado en el procesamiento de agua registraron una reducción de 9 a 7 de pH; también, los resultados de Arteaga (2019) registraron una disminución de pH de 8 a 7; al igual que Chiclote (2018) logró reducir el pH de 8.75 a 8.21; Por el contrario, los resultados de Gutiérrez (2021) difieren, debido a que se registró un aumento de pH de 2.2 a 7.74; de igual modo, Abatan y otros (2019) obtuvieron un aumento del pH de 7.01 a 7.14. Igualmente, en el estudio de Mauricio y Campos (2019), se logró elevar el pH de 6.87 a 6.99, de manera similar Ñacari (2017) en su investigación logró reducir el pH de 8.25 a 7

En relación a los parámetros microbiológicos se registró una reducción significativa de coliformes termotolerantes de  $35 \times 10^4$  a  $<1.8$  NMP/1000, lo cual es muy importante para evitar que los productos de cultivo sean una fuente contaminante. Al contrastar los resultados con otras investigaciones, se halló semejanza con el estudio de Arteaga (2019), en la que se registró una reducción de 690.48% a 98.48% de coliforme termotolerantes; asimismo, Tomeli (2018), tiene una de reducción de  $5.4 \times 10^4$  a 4.5 NMP/1000 de coliforme termotolerantes.

La investigación llevada a cabo, presenta algunas limitaciones notables. Según lo expuesto por García (2014) en su tesis doctoral, manifiesta que uno de los puntos más contaminado del río San Lucas es la estación meteorológica N°08, la cual se encuentra ubicada antes de la desembocadura del río Mashcón. Siguiendo las recomendaciones del investigador se tomó la muestra en dicho lugar, para luego seguir un tratamiento de agua con diferentes proporciones de carbón activado de pino.

El proyecto de investigación se restringe a la omisión de los análisis de las propiedades orgánicas, plaguicidas y parasitológicos, debido a que el laboratorio regional del agua, no cuenta con los instrumentos necesarios para desarrollar dichos análisis.

La recolección de datos se limita en el periodo de mayo del año mencionado, en la cual se recolectó la muestra patrón necesaria para los posteriores tratamientos del agua del río San Lucas.

El costo de análisis de laboratorio se ha trabajado con una muestra patrón y con cuatro tratamientos de agua con distintas cantidades de carbón activado de pino, ya que un incremento en la cantidad de muestras de agua analizadas aumenta los gastos de la investigación.

Además, es importante destacar que el estudio tiene importantes implicancias, ya que posibilita la mejora de la calidad del agua. Esto se debe a que los resultados demostraron que el carbón activado de semillas de pino es efectivo en la eliminación de contaminantes del agua del río San Lucas, esto podría llevar a una mejora significativa en la calidad del agua. Asimismo, la investigación impacta de manera significativa en la salud pública, toda vez que al tratar el agua y mejorar los parámetros físicos – químicos y microbiológicos, se alineará a la calidad del agua establecido en los Estándares de calidad ambiental ECAs para la categoría 3D1 y 3D2 (riego de vegetales y bebida de animales) y de esta manera se podrá contrarrestar los riesgos para la salud de la población que usan esta fuente de manera directa o indirectamente.

Este estudio nos brinda la oportunidad de notar que el uso del carbón activado de pino, podría ser una opción segura para naciones en desarrollo en el control de contaminación del agua y la protección del medio ambiente. Nos ha permitido obtener agua que puede ser utilizada en la irrigación de plantas y agua para consumo animal.

## Conclusiones

A través de los resultados, se logró alcanzar el objetivo general, ya que se determinó que el carbón activado preparado a partir de las semillas de pino es efectivo para el tratamiento de muestras de agua del río San Lucas.

En cuanto al primer objetivo específico, se concluye que los indicadores físicos, químicos y microbiológicos en la estación meteorológica N°08, perteneciente al río San Lucas son:

Turbidez de (96.5) NTU, pH de (7.14) unidades de pH, conductividad (874)  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , sólidos disueltos (504) g/L y oxígeno disuelto (2.2) g O<sub>2</sub>/L. Por otra parte, se presenta los efectos de la parte inorgánica: Aluminio (0.316) g/l, bario 0.048 g/L, hierro (0.133) g/l, litio (0.007) g/l magnesio (5.649) g/l, manganeso 0.034 g/l y zinc (0.055) g/l. Finalmente se muestran los resultados microbiológicos: coliformes termo tolerantes de  $35 \times 10^4$  NMP/100ml.

En relación al segundo objetivo específico, al evaluar la efectividad del carbón activado de semillas de pino en el tratamiento de una muestra de agua del río San Lucas; al utilizar un espesor de 1cm (500gr), se obtuvo 53.45 NTU de turbidez, 7.10 de pH, 874  $\mu\text{s}/\text{cm}$  de conductividad, 544 mg/l de sólidos disueltos totales, 2.2 mg O<sub>2</sub>/L de oxígeno disuelto; utilizando un espesor de 2cm (1000 gr), se obtuvo 15.95 NTU de turbidez, 6.95 de pH, 1056  $\mu\text{s}/\text{cm}$  de conductividad, 617 mg/l de sólidos disueltos totales, 2.37 mg O<sub>2</sub>/L oxígeno disuelto; y con espesor 3 cm (1500 gr) se obtuvo 2.65 NTU de turbidez, 6.7 de pH, 1260  $\mu\text{s}/\text{cm}$  de conductividad, 716 mg/l de sólidos disueltos totales, 2.23 mg O<sub>2</sub>/L oxígeno disuelto; y por último utilizando un espesor de 4 cm (2000gr) se obtuvo 5.76 NTU de turbidez, 6.41 de pH, 1478  $\mu\text{s}/\text{cm}$  de conductividad, 770 mg/l de sólidos disueltos totales, 2.48 mg O<sub>2</sub>/L oxígeno disuelto .

En lo que respecta al tercer objetivo específico se determinó que los indicadores físicos, químicos y microbiológico de los especímenes de agua del río San Lucas, después de aplicar el tratamiento con carbón activado de semillas de pino, se observa que el tratamiento más eficiente es utilizando un espesor de 4cm (2000gr), los cuales son: Turbidez 5.76 NTU, pH 6.41, conductividad 1478  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , sólidos disueltos totales 770 mg/l, oxígeno disuelto de 2.48 mg O<sub>2</sub>/L, y coliformes termotolerantes <1.8 NMP/1000.

Una vez llevada a cabo la presente investigación y al notar la incidencia representativa del carbón activado de semillas de pino, podemos recomendar lo siguiente:

Tener precaución al seleccionar los materiales a utilizar, asegurándose de que estén limpios después de cada toma de muestra, para evitar la posibilidad de contaminar las muestras restantes que aún no se han analizado.

Desarrollar nuevas investigaciones que involucren otras variables de estudio, así como: Sabor, olor, color aparente, temperatura, presencia de cloro residual libre, y otros indicadores fundamentales que permitan establecer las propiedades del agua.

Para futuras investigaciones, se recomienda programar las actividades de monitoreo en el intervalo de 8 a 10 de la mañana. Esto se debe a que, durante las horas de la tarde, el aumento de la temperatura puede provocar la sustitución del aire caliente por aire frío, generando turbulencia en la superficie del río y, como consecuencia, afectando los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Además, es importante considerar la profundidad del muestreo según las pautas establecidas por las Autoridad Nacional del Agua (ANA).

## REFERENCIAS

- Abatan, O., Oni, B., Agboola, O., Efevbokhan, V., & Abiodun, O. (2019). Producción de carbón activado a partir de cáscaras de semillas de caimito africano, semillas oleaginosas y semillas enteras para el tratamiento de aguas residuales. *Revista de Producción más Limpia*, 232, 441-450. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.378>
- Arteaga, S. (2019). *Tratamiento de aguas residuales mediante aplicación de carbono activado para riego de parques y jardines sector Rosa Luz, Puente Piedra, Lima, 2019*. [tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional UCV. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/45638/Arteaga\\_MSH-SD.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/45638/Arteaga_MSH-SD.pdf?sequence=8&isAllowed=y).
- Bangoura, M., Diallo, A., Diallo, A., & Kante, C. (2023). Ensayo de tratamiento de aguas residuales por doble filtración sobre carbón activado granular (CAG) preparado a partir de cáscaras de maní. *Química Verde y Sostenible*, 13(1), 1-8. doi:10.4236/gsc.2023.131001
- Carbotecnia. (26 de julio de 2023). Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/que-es-el-carbon-activado/>
- Chiclote, Y. (2018). *Mejora de la calidad del agua del río Cumbe empleando filtro de carbón activado*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13839>.
- Condori, P. (2020). *universo, población y muestra*. Perú: San Marcos. Obtenido de <https://www.academica.org/cporfirio/18.pdf>
- Contreras, O. (2017). *Análisis del uso de un secador solar para madera en la ciudad de Cuenca*. [Tesis de titulación, Universidad de Cuenca]. <https://docplayer.es/92240576-Universidad-de-cuenca.html>.
- Cueva, P., & Lazarte, D. (2021). *El filtro puede ser de un solo medio (antracita o arena), medio dual*. Universidad Cesar Vallejo.
- De la Cruz, C., Herrera, J., Ortiz, I., Ríos, J., Rosales, R., & Carrillo, A. (2020). Caracterización energética del carbón vegetal producido en el Norte-Centro de México. *Madera y bosques*, 26(2). doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2020.2621971>
- Díaz, D. (2019). *Caracterización e impacto de las descargas de aguas residuales vertidas en el río San Lucas zona urbana de Cajamarca*. [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22177>.
- Espinoza, F. (2018). Las variables y su operacionalización en la investigación educativa parte I. *Revista pedagógica de la universidad de cienfuegos*, 14, 14 -15. Obtenido de

<https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/814/845> ISSN: 1990-8644

- Espinoza, F. (2018). Las variables y su operacionalización en la investigación educativa parte I. *Revista pedagógica de la universidad de cienfuegos*, 14, 14 -15. Obtenido de <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/814/845> ISSN: 1990-8644
- Feijoo, C., De la Torre, E., & Uribe, R. (2019). Determinación de la capacidad de adsorción del complejo oro-cianuro en compuestos de carbón activado-vidrio. *Departamento de Ingeniería Química*, 76(588), 299-306. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/361881>.
- García, A., & Díaz, F. (2017). *Desarrollo de carbón activado a partir de desechos agroindustriales con aplicación en adsorción de arsénico*. [Tesis de pregrado, Universidad De Chile]. Repositorio institucional UChile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/147405>.
- García, F. (2014). *Calidad y uso del agua de la subcuenca del San Lucas (Cajamarca) en función del índice de Brown*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Grajeda, C. (2013). *Producción de carbón activado a partir de madera de pino y encino*. [Tesis de pregrado, Universidad del Valle de Guatemala]. Repositorio institucional de la UVG. <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/1367>
- Gutierrez, M. (2021). *Mejoramiento del Ph y remoción de arsénico utilizando arcilla y cáscara de coco en el río Moche - Localidad Shorey, 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66725>.
- Hernandez, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill Education.
- Huamán, J. (2016). *Plan de la microcuenca Río San Lucas*. Gobierno Regional de Cajamarca. [https://siar.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/plan\\_de\\_gestion\\_mcca\\_rio\\_san\\_lucas.pdf](https://siar.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/plan_de_gestion_mcca_rio_san_lucas.pdf).
- Leal, M. (2005). *Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones*. [Instituto Mexicano de Tecnología del Agua]. [https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/curso/dia\\_14/3.%20Teresa%20Leal.pdf](https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/curso/dia_14/3.%20Teresa%20Leal.pdf).
- Limaymanta, A. (2021). *Distribución horizontal del contenido de humedad de equilibrio de un promedio de cuatro especies de madera a nivel nacional*. [Tesis de titulación. Universidad Agraria la Molina]. Repositorio institucional de la UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5108>.
- Manosalva, k. (2016). *Efecto del carbón activado en la turbidez del agua del río sector puente Moche - 2016*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/6798>.

- Manrique, R. A., & Medina, K. D. (2018). Uso del carbón activado para el tratamiento de aguas. Revisión y estudios de caso. *Revista Nacional de Ingeniería*, 1(1), 1-15. <https://agenf.org/ojs/index.php/RNI/article/view/269>.
- Mendoza, V. (17 de abril de 2016). *Estudio de la contaminación del río san lucas*. Obtenido de Dinamica de sistemas. <http://www.dinamica-de-sistemas.com/revista/1214b.htm>.
- Miranda, E. (09 de diciembre de 2022). Tratamiento de aguas residuales en la industria desde una perspectiva. *Minerva*, 3(4), 131-142. <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/minerva/article/view/1729/2538>.
- Moreno, J., Navarrete, L., Giraldo, L., & García, V. (2007). Adsorción de Fenol y 3-Cloro Fenol sobre Carbones Activados mediante Calorimetría de Inmersión. *18*(3), 71-80. doi:10.4067/S0718-07642007000300009
- Moreira, M., & Campos, J. (2019). *Eficiencia del carbón activado procedente del coco nucifera en remoción de sólidos en aguas residuales de la empacadora de pescado frescodegfer*. [ Tesis de pregrado]. Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. <https://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/1196>.
- Navarrete, D., Quijano, N., & Vélez, C. (2014). *Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante*. [Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/29845>.
- Ñacari, A. (2017). *Uso de la moringa oleifera y carbón activado para el mejoramiento de la calidad del agua residual de lavado vehicular en el distrito de San Martín de Porres - Lima 2017*. [tesis de pregrado]. Universidad César Vallego. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3595>.
- OMS. (5 de febrero de 2016). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Los productos para el tratamiento doméstico del agua a examen. <https://www.who.int/es/news-room/feature-stories/detail/putting-household-water-treatment-products-to-the-t>.
- Orellana, J. (2005). Tratamiento de las aguas. Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_06\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf)
- Paredes, E., & Segura, J. (2021). *Estudio de la remoción de metales pesados en aguas contaminadas de ríos utilizando carbón activado vegetal*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Del Norte]. Repositorio institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28778>.
- Paucar, F., & Iturregui, P. (2020). Los desafíos de la reutilización de las aguas residuales en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), 1-11. doi:<https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-004>



- Quispe, H., & Larico, R. (2021). *Influencia del carbón activado de semillas de pino en el ph, turbidez, oxígeno disuelto para el tratamiento de aguas de la bahía de Puno-2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional UNAP. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15961>.
- Ramirez, F., Martinez, A., & Fernandez, M. (2013). Remoción de contaminantes en aguas residuales industriales empleando carbón activado de pino patula. *Avances investigación en ingeniería*, 10(01), 42-49. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/2725>.
- Rodríguez, L. (15 de diciembre de 2020). *El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes*. Obtenido de Club iagua. <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>: <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>
- Rodríguez, S. (2019). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas del río Mashcón en Huambocancha Baja y Bella Unión durante septiembre y diciembre del 2017 y mayo del 2018*. [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22331>.
- Rojas, R. A., Rutiaga, J. G., & Marquez, F. (2019). Adsorción de amoníaco en carbón activado de pinus tropicalis de Pinar del Río. *Avances*, 22(2), 277-289. <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869116009/html/>.
- Romero, J. (1999). *Potabilización de agua*. AlfaOmega.
- Ruiz, C., & Valenzuela, M. (2021). *Metodología de la investigación*. Universidad Nacional de Tayacaja.
- Sanchez, a. (2019). *Remoción de plomo de las aguas del río San Lucas utilizando biofiltro de arcilla y hojas de nogal - Cajamarca*. Cajamarca: Universidad San Pedro.
- Santa Cruz, M. (2020). *Eficiencia del carbón activado en la decloración de aguas residuales domésticas de la planta STP 37-1 minera Yanacocha SRL*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4569>.
- Segura, H. (2017). *Influencia del carbón activado obtenido de huarango (Acacia Macracantha) en la remoción de cloro libre residual en agua potable, Celendín*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1732>.
- Sevillano, S., & Torre, P. (2013). *Obtención de carbón activado a partir de madera*. [Trabajo final de grado, Universidad Nacional de Cuyo]. <http://planificacion.bdigital.uncu.edu.ar/7742>.

- Tomeli, E. (2018). *Calidad del agua del río cumbre empleando filtro francés y carbón activado*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14983>.
- UNESCO. (2016). IHP-VIII thematic area 3: addressing water scarcity and quality; activities and outcomes 2014-2015. *International Hydrological programme, 12*, 1-2. doi:SC/2016/WS/IHP VIII/THEME3/B/AR/EN
- Valderrama, S. (2015). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica, cuantitativa, cualitativa y mixta*. San Marcos.
- Villena, J. (25 de junio de 2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. doi:<http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Zandaryaa, S. (2013). water Quality of the kharaa river basin, Mongolia. *Unops*, 8-9. doi:SC/HYD/WQ/2013/2

# ANEXOS

## ANEXO N° 01. Presupuesto

**Tabla 9.**  
*Precio de adquisición de materiales*

| <b>Actividad</b>      | <b>Unidad</b> | <b>Metrado</b> | <b>Precio unitario</b> | <b>Parcial</b>     |
|-----------------------|---------------|----------------|------------------------|--------------------|
| Filtro                | glb           | 1.00           | 350.00                 | S/ 350.00          |
| Ensayo de laboratorio | glb           | 5.00           | 306.00                 | S/ 1,530.00        |
| Horno eléctrico       | glb           | 1.00           | 300.00                 | S/ 300.00          |
| Ácido fosfórico       | und           | 4.00           | 150.00                 | S/ 600.00          |
| Agua destilada        | gal           | 5.00           | 20.00                  | S/ 100.00          |
| Movilidad             | glb           | 1.00           | 100.00                 | S/ 100.00          |
| <b>Total</b>          |               |                |                        | <b>S/ 2,980.00</b> |

**Tabla 10.**  
*precio de adquisición de agregados.*

| <b>Materiales</b> | <b>Unidad</b> | <b>Metrado</b> | <b>Precio Unitario</b> | <b>Parcial</b>  |
|-------------------|---------------|----------------|------------------------|-----------------|
| Arena Fina        | latas         | 8.00           | 2.50                   | S/ 20.00        |
| Grava 3/4"        | latas         | 3.00           | 2.00                   | S/ 6.00         |
| Grava 1/2"        | latas         | 3.00           | 2.00                   | S/ 6.00         |
| Grava 3/8"        | latas         | 3.00           | 2.00                   | S/ 6.00         |
| <b>Total</b>      |               |                |                        | <b>S/ 38.00</b> |

## ANEXO N° 02. Matriz de consistencia

**Tabla 11.**  
*Matriz de consistencia*

| Efectividad del carbón activado de semillas de pino en el tratamiento de muestras de agua del río San Lucas, Cajamarca-2023  |   |   |   |                                      |  |   |   |  |
|--|---|---|---|--------------------------------------|--|---|---|--|
| Formulación del problema   | Objetivos   | Hipótesis   | Variables   | Dimensiones                          | Indicadores  | Instrumento de recolección de datos   | Metodología   | Población y muestra  |
| <p><b>Pregunta Principal</b></p> <p>¿Cuál es la efectividad del carbón activado de semillas de pino en el tratamiento de muestras de agua del río San Lucas, Cajamarca-2023?</p> | <p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar la efectividad del carbón activado de semillas de pino en el tratamiento de muestras de agua del río San Lucas, Cajamarca-2023</p>   | <p><b>Hipótesis General</b></p> <p>El carbón activado de semillas de pino es efectivo en el tratamiento de agua del río San Lucas, usando un espesor de 4cm (2000gr).</p> | <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Tratamiento de agua</p>                     | <p>Parámetros físicos – químicos</p> | <p>PH</p> <p>Turbidez</p> <p>Oxígeno disuelto</p> <p>Conductividad</p> <p>Sólidos disueltos totales</p> <p>Inorgánicos</p> <p>Metales pesados (Pb, Cd, Cr, Hg y Zn)</p> <p>Parámetro microbiológico</p> <p>Coliformes termo tolerantes</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de custodia</li> <li>• Resultados de los ensayos de laboratorio</li> <li>• Análisis de laboratorio</li> </ul> | <p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>Cuantitativa</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>Experimental</p> | <p><b>Población:</b></p> <p>Cuenca de río San Lucas, parte baja, barrio bella unión, Cajamarca.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>La muestra está constituida por un punto crítico más contaminado, ubicado en la estación meteorológica N°08, perteneciente al río San Lucas.</p> |
|  | <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de muestras de agua del río San Lucas, Cajamarca 2023.</li> <li>• Evaluar la efectividad del carbón activado de semillas de pino en el tratamiento de muestras de agua del río San Lucas, utilizando espesores de 1cm (500gr), 2cm (1000gr), 3 cm (1500gr) y 4 cm (2000gr).</li> <li>• Determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua del río San Lucas después de aplicar el tratamiento con carbón activado de semillas de pino, Cajamarca 2023.</li> </ul> |   | <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Efectividad del carbón activado de pino</p> | <p>Absorción</p>                     | <p>Contenido de humedad</p> <p>Porcentaje de material volátil</p> <p>Porcentaje de ceniza</p> <p>Porcentaje de carbón fijo</p>   |   |   |  |

## ANEXO N° 03. Cálculo del caudal real ( $Q_r$ ) aplicando el método volumétrico.



## A. Tiempos segundos

| Tiempo (s) | 1       | 2       | 3       | Promedio |
|------------|---------|---------|---------|----------|
|            | 80.73 s | 80.49 s | 79.61 s | 80.28 s  |

## B. Volumen (balde de cuatro litros)

| Volumen (L) | 1      | 2      | 3      | Promedio |
|-------------|--------|--------|--------|----------|
|             | 4.00 L | 4.00 L | 4.00 L | 4.00 L   |

## C. Caudal

| Q (m <sup>3</sup> /s) | Q1 (L/s) | Q1 (m <sup>3</sup> /s) |
|-----------------------|----------|------------------------|
|                       | 0.050    | 0.0000498              |

ANEXO N° 04. Diseño del filtro rápido de arena, de acuerdo  
al libro de potabilización de agua de Jairo Alberto Romero  
Rojas.

**A. Caudal de diseño**

$$Q = 0.0000498 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q = 4.30272 \text{ m}^3/\text{s}$$

**B. Selección del material (Cs)**

Medio filtrante      Grava y arena

Tasa de filtración      120m/d

**C. Cálculo del de número de filtros.**

$$n = 0.444 (Q)^{1/2}$$

$$n = 0.2822 \approx 1 \text{ unidad}$$

**D. Caudal unitario.**

$$A_s = q_u / C_s$$

$$C_s = 120 \text{ m/d}$$

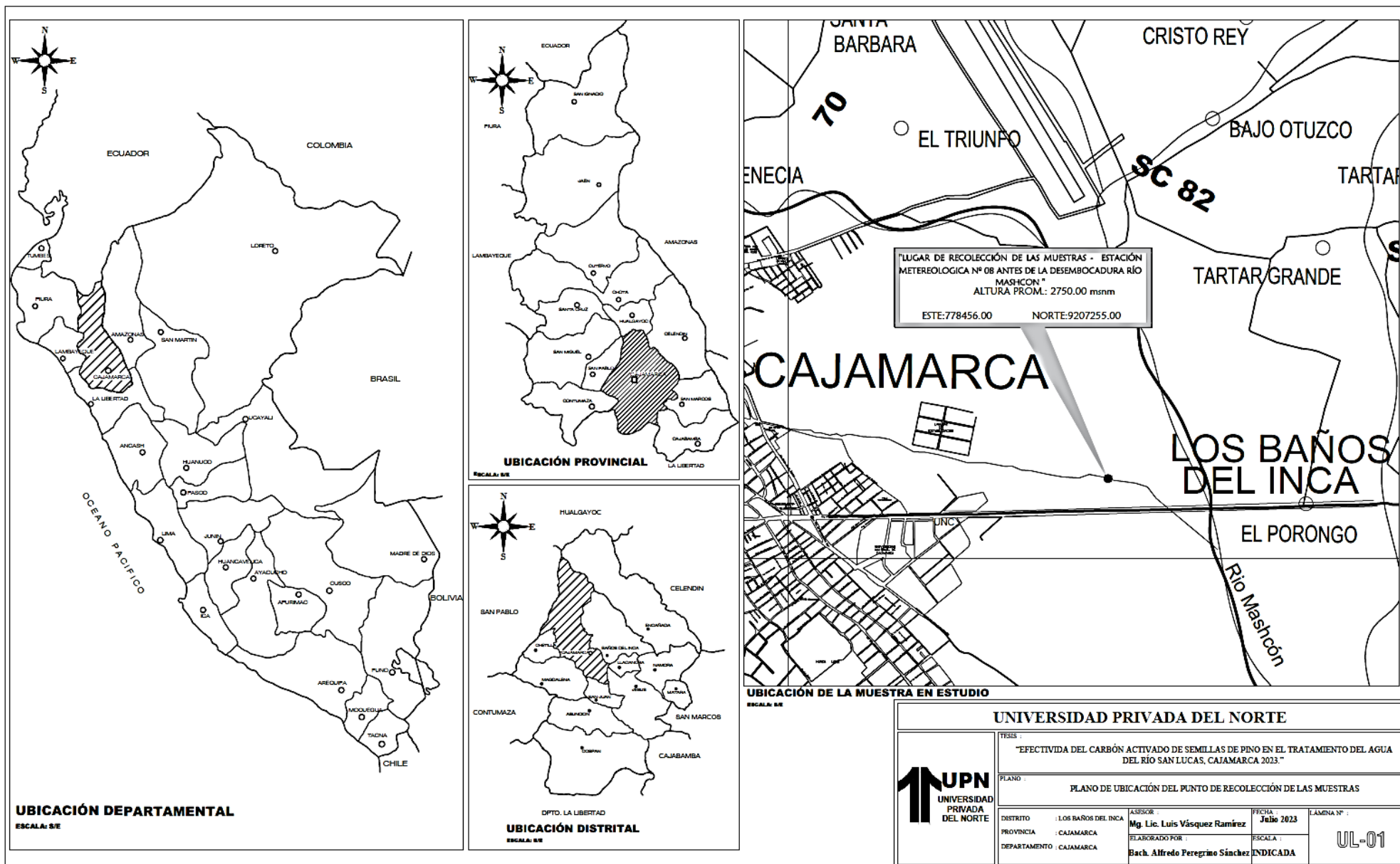
$$A_s = 0.035856 \text{ m}^2$$

Por lo tanto 0.189 m

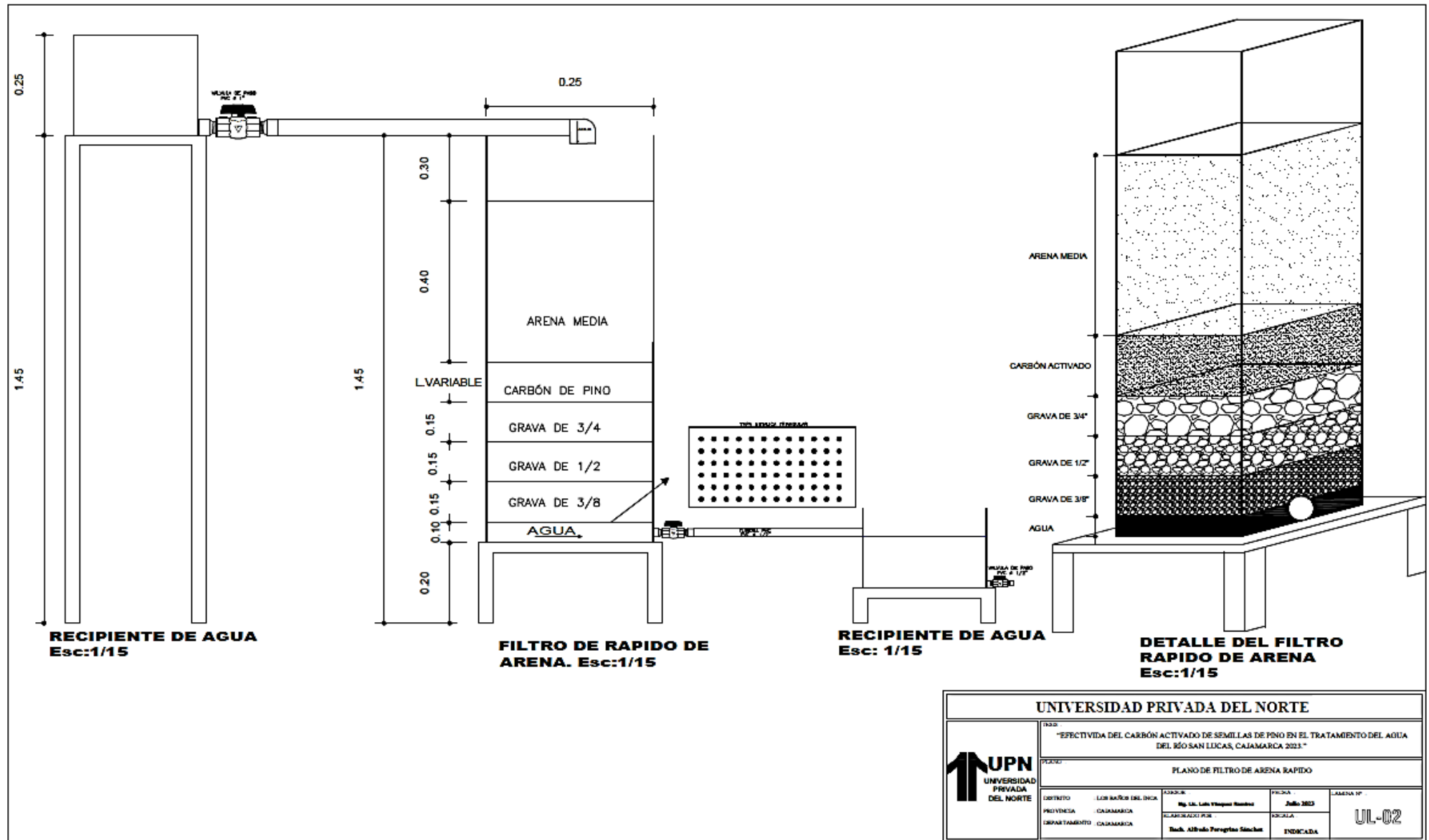
Se realizó un filtro cuadrado de 0.25 m x 0.25 m

ANEXO N° 05. Plano de ubicación del punto  
recolección de muestra – estación meteorológica N.

°08



## ANEXO N° 06. Plano del filtro rápido de arena



## ANEXO N° 07. Protocolos

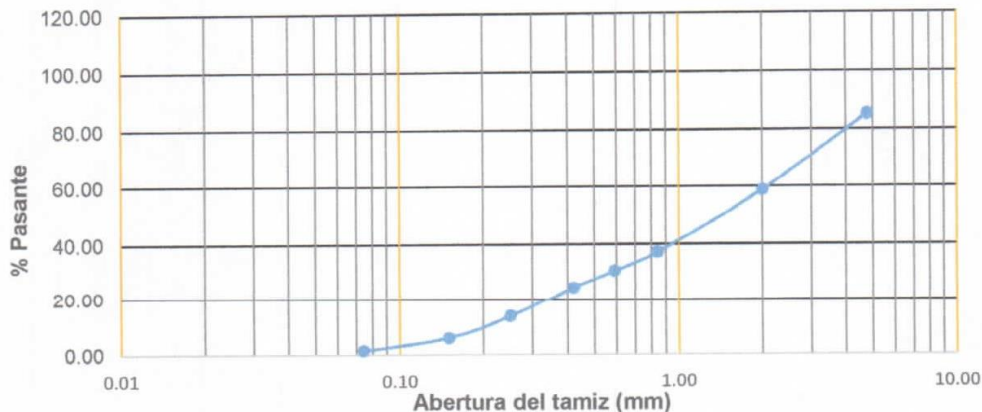


| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA                   |                            |  |                           |
|---|----------------------------|--|---------------------------|
| PROTOCOLO   |                            |  |                           |
|  | ENSAYO:                    | ANALISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO EN SECO  |                           |
|   | NORMA:                     | MTC E 107 / ASTM D421  |                           |
|   | TESIS:                     | EFECTIVIDAD DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE PINO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL RÍO SAN LUCAS, CAJAMARCA 2022 |                           |
| CANTERA:  | Bazán                      | TIPO DE MATERIAL:  | Agregado fino             |
| UBICACIÓN:  | Km 3. Carretera Bambamarca | COLOR DE MATERIAL:   | Gris                      |
| FECHA DE MUESTREO:  | 02/02/2023                 | RESPONSABLE:   | Alfredo Peregrino Sánchez |
| FECHA DE ENSAYO:  | 03/02/2023                 | REVISADO POR:  | Ing. Luis Vásquez Ramírez |

Peso muestra seca, Ws    500.00    gr

| GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO EN SECO |               |        |        |        |            |
|------------------------------------|---------------|--------|--------|--------|------------|
| mallá                              | Abertura (mm) | P.R.P. | % RP   | % RA   | % que pasa |
| Nº4                                | 4.76          | 8.00   | 1.60   | 1.60   | 98.40 %    |
| Nº10                               | 2             | 12.90  | 2.58   | 4.18   | 95.82 %    |
| Nº20                               | 0.84          | 10.50  | 2.10   | 6.28   | 93.72 %    |
| Nº30                               | 0.59          | 8.90   | 1.78   | 8.06   | 91.94 %    |
| Nº40                               | 0.42          | 17.00  | 3.40   | 11.46  | 88.54 %    |
| Nº60                               | 0.25          | 120.00 | 24.00  | 35.46  | 64.54 %    |
| Nº100                              | 0.15          | 92.90  | 18.58  | 54.04  | 45.96 %    |
| Nº200                              | 0.074         | 82.00  | 16.40  | 70.44  | 29.56 %    |
| Cazoleta                           |               | 147.80 | 29.56  | 100.00 | 0.00 %     |
| Total                              |               | 500.00 | 100.00 |        |            |

Curva Granulométrica



CU = 10.5    Cc = 0.75

| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Alfredo Peregrino Sánchez   | NOMBRE: Ing. César Valdera Chávez   | NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez   |
| FECHA: 14/04/2022   | FECHA: 14/04/2022   | FECHA: 14/04/2022   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                           |                           |
|---|--|---------------------------|---------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                           |                           |
| <b>ENSAYO:</b>  | CONTENIDO DE HUMEDAD   |                           |                           |
| <b>NORMA:</b>   | MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127   |                           |                           |
| <b>TESIS:</b>   | EFECTIVIDAD DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE PINO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL RÍO SAN LUCAS, CAJAMARCA 2022 |                           |                           |
| <b>LUGAR:</b>   | Granja Porcón  | <b>TIPO DE MATERIAL:</b>  | Granos de pino            |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Km 24. Carretera Bambamarca  | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> | Marrón                    |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 10/03/2023   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Alfredo Peregrino Sánchez |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 10/03/2023   | <b>REVISADO POR:</b>      | Ing. Luis Vásquez Ramírez |

Temperatura de Secado


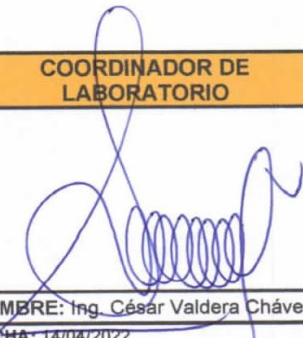

65 °C

Método

Horno 110 ± 5 °C

| CONTENIDO DE HUMEDAD |  |     |        |        |        |        |
|----------------------|--|-----|--------|--------|--------|--------|
| ID                   | DESCRIPCIÓN                                    | UND | 1      | 2      | 3      | 4      |
| A                    | Identificación del recipiente o Tara           | -   | M1     | M2     | M3     | M4     |
| B                    | Peso del Recipiente                            | gr  | 329.3  | 471.8  | 980.2  | 800.1  |
| C                    | Recipiente + Material Natural                  | gr  | 1329.3 | 2471.8 | 3980.2 | 4800.1 |
| D                    | Recipiente + Material Seco                     | gr  | 1257.7 | 2334.7 | 3769.2 | 4510.2 |
| E                    | Peso del material húmedo<br>$(W_{mh}) = C - B$ | gr  | 1000.0 | 2000.0 | 3000.0 | 4000.0 |
| F                    | Peso material Seco<br>$(W_s) = D - B$          | gr  | 928.4  | 1862.9 | 2789   | 3710.1 |
| W%                   | Porcentaje de humedad<br>$(E - F / F) * 100$   | %   | 7.7%   | 7.4%   | 7.6%   | 7.8%   |
| G                    | Promedio Porcentaje Humedad                    | %   | 7.6%   |        |        |        |

$$(W\%) = \frac{W_{mh} - w_s}{W_s} * 100$$

| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Alfredo Peregrino Sánchez   | NOMBRE: Ing. César Valdeza Chávez   | NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez   |
| FECHA: 14/04/2022   | FECHA: 14/04/2022   | FECHA: 14/04/2022   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                           |                           |
|---|--|---------------------------|---------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                           |                           |
| <b>ENSAYO:</b>  | PORCENTAJE DE MATERIAL VOLÁTIL   |                           |                           |
| <b>TESIS:</b>   | EFECTIVIDAD DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE PINO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL RÍO SAN LUCAS, CAJAMARCA 2022 |                           |                           |
| <b>LUGAR:</b>   | Universidad Privada del Norte  | <b>TIPO DE MATERIAL:</b>  | Granos de pino            |
| <b>UBICACIÓN:</b>   | Dir. Irene Silva 231, Cajamarca  | <b>COLOR DE MATERIAL:</b> | Negro                     |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>                                       | 20/03/2023   | <b>RESPONSABLE:</b>       | Alfredo Peregrino Sánchez |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>   | 20/03/2023   | <b>REVISADO POR:</b>      | Ing. Luis Vásquez Ramírez |

Temperatura de Secado

65 °C


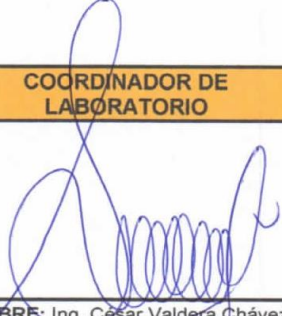

Método

Horno 110 ± 5 °C

| PORCENTAJE DE MATERIAL VOLÁTIL |                                      |     |        |        |        |        |
|--------------------------------|--------------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|
| ID                             | DESCRIPCIÓN                          | UND | 1      | 2      | 3      | 4      |
| A                              | Identificación del recipiente o Tara | -   | M1     | M2     | M3     | M4     |
| B                              | Peso del Recipiente                  | gr  | 329.3  | 471.8  | 980.2  | 800.1  |
| pC                             | Recipiente + Material Seco           | gr  | 1257.7 | 2334.7 | 3769.2 | 4510.2 |
| D                              | Material Seco                        | gr  | 928.4  | 1862.9 | 2789.0 | 3710.1 |
| E                              | Peso de no volátil + Recipiente      | gr  | 1245.3 | 2301.2 | 3695.2 | 4402.3 |
| F                              | Peso volátil                         | gr  | 916    | 1829.4 | 2715   | 3602.2 |
| W%                             | Porcentaje de materia volátil        | %   | 1.3%   | 1.8%   | 2.7%   | 2.9%   |
| G                              | Promedio                             | %   | 2.2%   |        |        |        |

P

$$(\% \text{ Volatil}) = \frac{W_s - w_{mnv}}{W_s} * 100$$

| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO   | ASESOR  |
|---|--|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Alfredo Peregrino Sánchez   | NOMBRE: Ing. César Valdeira Chávez   | NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez   |
| FECHA: 14/04/2022   | FECHA: 14/04/2022  | FECHA: 14/04/2022   |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |  |                    |                           |
|---|--|--------------------|---------------------------|
| PROTOCOLO   |  |                    |                           |
| ENSAYO:   | PORCENTAJE DE CENIZA   |                    |                           |
| TESIS:  | EFECTIVIDAD DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE PINO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL RÍO SAN LUCAS, CAJAMARCA 2022 |                    |                           |
| LUGAR:  | Universidad Privada del Norte  | TIPO DE MATERIAL:  | Granos de pino            |
| UBICACIÓN:  | Dir. Irene Silva 231, Cajamarca  | COLOR DE MATERIAL: | Negro                     |
| FECHA DE MUESTREO:  | 08/04/2023   | RESPONSABLE:       | Alfredo Peregrino Sánchez |
| FECHA DE ENSAYO:  | 08/04/2023   | REVISADO POR:      | Ing. Luis Vásquez Ramírez |

Temperatura de Secado

Método

500 °C

Horno 110 ± 1300 °C

| PORCENTAJE DE CENIZA |                                      |     |        |        |        |        |
|----------------------|--------------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|
| ID                   | DESCRIPCIÓN                          | UND | 1      | 2      | 3      | 4      |
| A                    | Identificación del recipiente o Tara | -   | M1     | M2     | M3     | M4     |
| B                    | Peso del Recipiente                  | gr  | 329.3  | 471.8  | 980.2  | 800.1  |
| C                    | Recipiente + Material Seco           | gr  | 1257.7 | 2334.7 | 3769.2 | 4510.2 |
| D                    | Material Seco                        | gr  | 928.4  | 1862.9 | 2789.0 | 3710.1 |
| E                    | Peso de ceniza + Recipiente          | gr  | 427.6  | 653.9  | 1165.5 | 990.8  |
| F                    | Peso de ceniza                       | gr  | 98.3   | 189.4  | 290.3  | 396.4  |
| W%                   | Porcentaje de ceniza                 | %   | 10.6%  | 10.2%  | 10.4%  | 10.7%  |
| G                    | Promedio                             | %   | 10.5%  |        |        |        |

$$(\% \text{ MATERIAL CENIZA}) = \frac{W_c}{W_s} * 100$$

| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Alfredo Peregrino Sánchez<br>FECHA: 14/04/2022                              | NOMBRE: Ing. César Valdera Chávez<br>FECHA: 14/04/2022                              | NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez<br>FECHA: 14/04/2022                                |

| LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA |                                 |  |                           |
|---|---------------------------------|--|---------------------------|
| PROTOCOLO   |                                 |  |                           |
| ENSAYO:   |                                 | PORCENTAJE CARBÓN  |                           |
| TESIS:  |                                 | EFECTIVIDAD DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE PINO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL RÍO SAN LUCAS, CAJAMARCA 2022 |                           |
| LUGAR:  | Universidad Privada del Norte   | TIPO DE MATERIAL:  | Granos de pino            |
| UBICACIÓN:  | Dir. Irene Silva 231, Cajamarca | COLOR DE MATERIAL:   | Negro                     |
| FECHA DE MUESTREO:  | 10/04/2023                      | RESPONSABLE:   | Alfredo Peregrino Sánchez |
| FECHA DE ENSAYO:  | 10/04/2023                      | REVISADO POR:  | Ing. Luis Vásquez Ramírez |

| PORCENTAJE DE CARBÓN |                                      |     |              |              |              |              |
|----------------------|--------------------------------------|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|
| ID                   | DESCRIPCIÓN                          | UND | 1            | 2            | 3            | 4            |
| A                    | Identificación del recipiente o Tara | -   | M1           | M2           | M3           | M4           |
| B                    | Porcentaje de humedad                | %   | 7.7%         | 7.4%         | 7.6%         | 7.8%         |
| C                    | Porcentaje de materia volátil        | %   | 1.3%         | 1.8%         | 2.7%         | 2.9%         |
| C                    | Porcentaje de ceniza                 | %   | 10.6%        | 10.2%        | 10.4%        | 10.7%        |
| F                    | <b>Porcentaje de carbón</b>          | %   | <b>80.4%</b> | <b>80.7%</b> | <b>79.4%</b> | <b>78.6%</b> |


$$(\%CARBÓN) = \%HUMEDAD - \%PESO VOLATIL - \%CENIZA$$

| RESPONSABLE DEL ENSAYO  | COORDINADOR DE LABORATORIO  | ASESOR  |
|---|---|---|
|  |  |  |
| NOMBRE: Alfredo Peregrino Sánchez<br>FECHA: 14/04/2022                              | NOMBRE: Ing. César Valdera Chávez<br>FECHA: 14/04/2022                              | NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez<br>FECHA: 14/04/2022                                |

|  |                                 |  |                           |
|--|---------------------------------|--|---------------------------|
| <b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> |                                 |  |                           |
| <b>PROTOCOLO</b>   |                                 |  |                           |
| <b>ENSAYO:</b>   |                                 | CARBÓN FIJO  |                           |
| <b>TESIS:</b>  |                                 | EFECTIVIDAD DEL CARBÓN ACTIVADO DE SEMILLAS DE PINO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA DEL RÍO SAN LUCAS, CAJAMARCA 2022 |                           |
| <b>LUGAR:</b>  | Universidad Privada del Norte   | <b>TIPO DE MATERIAL:</b>   | Granos de pino            |
| <b>UBICACIÓN:</b>  | Dir. Irene Silva 231, Cajamarca | <b>COLOR DE MATERIAL:</b>  | Negro                     |
| <b>FECHA DE MUESTREO:</b>  | 12/04/2023                      | <b>RESPONSABLE:</b>  | Alfredo Peregrino Sánchez |
| <b>FECHA DE ENSAYO:</b>  | 12/04/2023                      | <b>REVISADO POR:</b>   | Ing. Luis Vásquez Ramírez |

| <b>CARBÓN FIJO</b> |   |           |               |                |                |                |
|--------------------|---|-----------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| ID                 | DESCRIPCIÓN                                 | UND       | 1             | 2              | 3              | 4              |
| A                  | Identificación del recipiente o Tara        | -         | M1            | M2             | M3             | M4             |
| B                  | Material Seco                               | gr        | 928.40        | 1862.90        | 2789.00        | 3710.10        |
| C                  | Peso volátil                                | gr        | 12.40         | 33.50          | 74.00          | 107.90         |
| D                  | Peso de ceniza                              | gr        | 98.3          | 189.4          | 290.3          | 396.4          |
| E                  | Peso del material lavado con agua destilada | gr        | 194.40        | 397.30         | 565.30         | 708.80         |
| F                  | <b>Peso de carbón fijo</b>                  | <b>gr</b> | <b>623.30</b> | <b>1242.70</b> | <b>1859.40</b> | <b>2497.00</b> |

**( CARBÓN FIJO) = HUMEDAD – PESO VOLATIL – CENIZA – PESO DEL MATERIAL LAVADO**

| <b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>   | <b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>   | <b>ASESOR</b>   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| <b>NOMBRE:</b> Alfredo Peregrino Sánchez  | <b>NOMBRE:</b> Ing. César Valdéra Chávez  | <b>NOMBRE:</b> Ing. Luis Vásquez Ramírez  |
| <b>FECHA:</b> 14/04/2022  | <b>FECHA:</b> 14/04/2022  | <b>FECHA:</b> 14/04/2022  |

## ANEXO N° 08. Riego de vegetales y bebidas de animales

### ECAs Para agua categoría 3 D1 y D2

| Parámetros  | Unidad de medida             | D1: Riego de vegetales             |                             | D2: Bebida de animales |
|---|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
|   |                              | Agua para riego no restringido (c) | Agua para riego restringido | Bebida de animales     |
| Arsénico  | mg/L                         |                                    | 0,1                         | 0,2                    |
| Bario   | mg/L                         |                                    | 0,7                         | **                     |
| Berilio   | mg/L                         |                                    | 0,1                         | 0,1                    |
| Boro  | mg/L                         |                                    | 1                           | 5                      |
| Cadmio  | mg/L                         |                                    | 0,01                        | 0,05                   |
| Cobre   | mg/L                         |                                    | 0,2                         | 0,5                    |
| Cobalto   | mg/L                         |                                    | 0,05                        | 1                      |
| Cromo Total   | mg/L                         |                                    | 0,1                         | 1                      |
| Hierro  | mg/L                         |                                    | 5                           | **                     |
| Litio   | mg/L                         |                                    | 2,5                         | 2,5                    |
| Magnesio  | mg/L                         |                                    | **                          | 250                    |
| Manganeso   | mg/L                         |                                    | 0,2                         | 0,2                    |
| Mercurio  | mg/L                         |                                    | 0,001                       | 0,01                   |
| Níquel  | mg/L                         |                                    | 0,2                         | 1                      |
| Plomo   | mg/L                         |                                    | 0,05                        | 0,05                   |
| Selenio   | mg/L                         |                                    | 0,02                        | 0,05                   |
| Zinc  | mg/L                         |                                    | 2                           | 24                     |
| <b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>                                      |                              |                                    |                             |                        |
| Aceites y Grasas  | mg/L                         | 5                                  |                             | 10                     |
| Bicarbonatos  | mg/L                         | 518                                |                             | **                     |
| Cianuro Wad   | mg/L                         | 0,1                                |                             | 0,1                    |
| Cloruros  | mg/L                         | 500                                |                             | **                     |
| Color (b)   | Color verdadero Escala Pt/Co | 100 (a)                            |                             | 100 (a)                |
| Conductividad   | (µS/cm)                      | 2 500                              |                             | 5 000                  |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )             | mg/L                         | 15                                 |                             | 15                     |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)                              | mg/L                         | 40                                 |                             | 40                     |
| Detergentes (SAAM)  | mg/L                         | 0,2                                |                             | 0,5                    |
| Fenoles   | mg/L                         | 0,002                              |                             | 0,01                   |
| Fluoruros   | mg/L                         | 1                                  |                             | **                     |
| Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N) | mg/L                         | 100                                |                             | 100                    |
| Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)                                 | mg/L                         | 10                                 |                             | 10                     |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo)                               | mg/L                         | ≥ 4                                |                             | ≥ 5                    |
| Potencial de Hidrógeno (pH)                                   | Unidad de pH                 | 6,5 – 8,5                          |                             | 6,5 – 8,4              |
| Sulfatos  | mg/L                         | 1 000                              |                             | 1 000                  |
| Temperatura   | °C                           | Δ 3                                |                             | Δ 3                    |
| <b>INORGÁNICOS</b>  |                              |                                    |                             |                        |
| Aluminio  | mg/L                         | 5                                  |                             | 5                      |
| <b>ORGÁNICO</b>   |                              |                                    |                             |                        |
| <b>Bifenilos Policlorados</b>                                 |                              |                                    |                             |                        |
| Bifenilos Policlorados (PCB)                                  | µg/L                         |                                    | 0,04                        | 0,045                  |
| <b>PLAGUICIDAS</b>  |                              |                                    |                             |                        |
| Paratión  | µg/L                         |                                    | 35                          | 35                     |
| <b>Organoclorados</b>   |                              |                                    |                             |                        |
| Aldrin  | µg/L                         |                                    | 0,004                       | 0,7                    |
| Clordano  | µg/L                         |                                    | 0,006                       | 7                      |
| Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)                           | µg/L                         |                                    | 0,001                       | 30                     |
| Dieldrin  | µg/L                         |                                    | 0,5                         | 0,5                    |
| Endosulfán  | µg/L                         |                                    | 0,01                        | 0,01                   |
| Endrin  | µg/L                         |                                    | 0,004                       | 0,2                    |
| Heptacloro y Heptacloro Epóxido                               | µg/L                         |                                    | 0,01                        | 0,03                   |
| Lindano   | µg/L                         |                                    | 4                           | 4                      |
| <b>Carbamato</b>  |                              |                                    |                             |                        |
| Aldicarb  | µg/L                         |                                    | 1                           | 11                     |
| <b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>                       |                              |                                    |                             |                        |
| Coliformes Termotolerantes                                    | NMP/100 ml                   | 1 000                              | 2 000                       | 1 000                  |
| <i>Escherichia coli</i>                                       | NMP/100 ml                   | 1 000                              | **                          | **                     |
| Huevos de Helminthos  | Huevo/L                      | 1                                  | 1                           | **                     |



## ANEXO N° 09. Cadena de custodia.







## ANEXO N° 10. Resultado del laboratorio del agua.

### Muestra patrón



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 05230273

| ENSAYOS                    |   |        | Químicos Instrumentales       |   |   |   |   |  |
|----------------------------|---|--------|-------------------------------|---|---|---|---|--|
| Código de la Muestra       | Río San Lucas   |        | -                             | - | - | - | - |  |
| Código Laboratorio         | 05230273-01   |        | -                             | - | - | - | - |  |
| Matriz                     | Natural   |        | -                             | - | - | - | - |  |
| Descripción                | Superficial- Río  |        | -                             | - | - | - | - |  |
| Localización de la Muestra | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) |        | -                             | - | - | - | - |  |
| Parámetro                  | Unidad  | LCM    | Resultados de Metales Totales |   |   |   |   |  |
| Plata (Ag)                 | mg/L  | 0.0190 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Aluminio (Al)              | mg/L  | 0.0230 | 0.316                         | - | - | - | - |  |
| Arsénico (As)              | mg/L  | 0.0050 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Boro (B)                   | mg/L  | 0.0260 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Bario (Ba)                 | mg/L  | 0.0040 | 0.048                         | - | - | - | - |  |
| Berilio (Be)               | mg/L  | 0.0030 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Bismuto (Bi)               | mg/L  | 0.0160 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Calcio (Ca)                | mg/L  | 0.1240 | 62.88                         | - | - | - | - |  |
| Cadmio (Cd)                | mg/L  | 0.0020 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Cerio (Ce)                 | mg/L  | 0.0040 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Cobalto (Co)               | mg/L  | 0.0020 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Cromo (Cr)                 | mg/L  | 0.0030 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Cobre (Cu)                 | mg/L  | 0.0180 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Hierro (Fe)                | mg/L  | 0.0230 | 0.133                         | - | - | - | - |  |
| Potasio (K)                | mg/L  | 0.0510 | 11.74                         | - | - | - | - |  |
| Litio (Li)                 | mg/L  | 0.0050 | 0.007                         | - | - | - | - |  |
| Magnesio (Mg)              | mg/L  | 0.0190 | 5.649                         | - | - | - | - |  |
| Manganeso (Mn)             | mg/L  | 0.0030 | 0.034                         | - | - | - | - |  |
| Molibdeno (Mo)             | mg/L  | 0.0020 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Sodio (Na)                 | mg/L  | 0.0260 | 48.10                         | - | - | - | - |  |
| Niquel (Ni)                | mg/L  | 0.0060 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Fósforo (P)                | mg/L  | 0.0240 | 2.968                         | - | - | - | - |  |
| Plomo (Pb)                 | mg/L  | 0.0040 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Azufre (S)                 | mg/L  | 0.0910 | 34.27                         | - | - | - | - |  |
| Antimonio (Sb)             | mg/L  | 0.0050 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Selenio (Se)               | mg/L  | 0.0070 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Silicio (Si)               | mg/L  | 0.1040 | 7.268                         | - | - | - | - |  |
| Estaño (Sn)                | mg/L  | 0.0070 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Estroncio (Sr)             | mg/L  | 0.0030 | 0.342                         | - | - | - | - |  |
| Titanio (Ti)               | mg/L  | 0.0040 | 0.006                         | - | - | - | - |  |
| Talio (Tl)                 | mg/L  | 0.0030 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Uranio (U)                 | mg/L  | 0.0040 | <LCM                          | - | - | - | - |  |
| Vanadio (V)                | mg/L  | 0.0040 | 0.004                         | - | - | - | - |  |
| Zinc (Zn)                  | mg/L  | 0.0180 | 0.055                         | - | - | - | - |  |
| Silice (SiO <sub>2</sub> ) | mg/L  | 0.2225 | 15.55                         | - | - | - | - |  |

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Cajamarca, 17 de mayo de 2023

Página: 2 de 5



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 05230273

| ENSAYOS                    |   |      | Químicos Instrumentales- Físicoquímicos                |   |   |   |   |   |
|----------------------------|---|------|--|---|---|---|---|---|
| Código de la Muestra       | Río San Lucas   |      | -  | - | - | - | - | - |
| Código Laboratorio         | 05230273-01   |      | -  | - | - | - | - | - |
| Matriz                     | Natural   |      | -  | - | - | - | - | - |
| Descripción                | Superficial- Río  |      | -  | - | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) |      | -  | - | - | - | - | - |
| Parámetro                  | Unidad  | LCM  | Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos |   |   |   |   |   |
| Turbidez                   | NTU   | 0.09 | 96.5   | - | - | - | - | - |
| pH a 25°C                  | pH  | NA   | 7.14   | - | - | - | - | - |
| Conductividad a 25°C       | µS/cm   | NA   | 874.0  | - | - | - | - | - |
| Sólidos Disueltos Totales  | mg/L  | 2.5  | 504.0  | - | - | - | - | - |
| Oxígeno Disuelto           | mg O2/L   | 0.5  | 2.2  | - | - | - | - | - |

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA  
Cajamarca, 17 de mayo de 2023

Página: 3 de 5



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

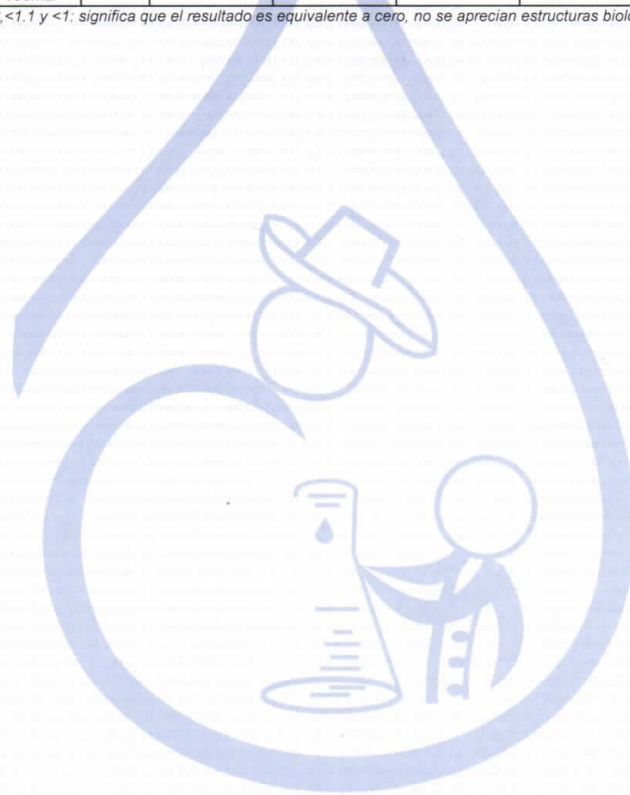
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



**INFORME DE ENSAYO N° IE 05230273**

| ENSAYOS                       |   |     | Microbiológicos            |   |   |   |   |
|-------------------------------|---|-----|----------------------------|---|---|---|---|
| Código de la Muestra          | Río San Lucas   |     | -                          | - | - | - | - |
| Código Laboratorio            | 05230273-01   |     | -                          | - | - | - | - |
| Matriz                        | Natural   |     | -                          | - | - | - | - |
| Descripción                   | Superficial- Río  |     | -                          | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra    | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) |     | -                          | - | - | - | - |
| Parámetro                     | Unidad  | LCM | Resultados Microbiológicos |   |   |   |   |
| Coliformes<br>Termotolerantes | NMP/<br>100mL   | 1.8 | 35 x 10 <sup>4</sup>       | - | - | - | - |

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

Cajamarca, 17 de mayo de 2023

Página: 4 de 5



**ANEXO N° 11. Resultado del laboratorio del agua.**  
**Muestra con tratamiento de 500 gr y 1000gr de carbón**  
**activado de semillas de pino.**



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 05230278

| ENSAYOS                    |        |        | Químicos Instrumentales   |   |   |   |   |   |
|----------------------------|--------|--------|---|---|---|---|---|---|
| Código de la Muestra       |        |        | Muestra 02-500g<br>Carbón activado<br>semilla de pino             | Muestra 03-1000g<br>Carbón activado<br>semilla de pino            | - | - | - | - |
| Código Laboratorio         |        |        | 05230278-01   | 05230278-02   | - | - | - | - |
| Matriz                     |        |        | Natural   | Natural   | - | - | - | - |
| Descripción                |        |        | Superficial   | Superficial   | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra |        |        | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) | - | - | - | - |
| Parámetro                  | Unidad | LCM    | Resultados de Metales Totales                                     |   |   |   |   |   |
| Plata (Ag)                 | mg/L   | 0.0190 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Aluminio (Al)              | mg/L   | 0.0230 | 0.556   | 0.816   | - | - | - | - |
| Arsénico (As)              | mg/L   | 0.0050 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Boro (B)                   | mg/L   | 0.0260 | 0.047   | 0.075   | - | - | - | - |
| Bario (Ba)                 | mg/L   | 0.0040 | 0.492   | 0.545   | - | - | - | - |
| Berilio (Be)               | mg/L   | 0.0030 | <LCM  | 0.003   | - | - | - | - |
| Bismuto (Bi)               | mg/L   | 0.0160 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Calcio (Ca)                | mg/L   | 0.1240 | 65.56   | 66.14   | - | - | - | - |
| Cadmio (Cd)                | mg/L   | 0.0020 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Cerio (Ce)                 | mg/L   | 0.0040 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Cobalto (Co)               | mg/L   | 0.0020 | <LCM  | 0.015   | - | - | - | - |
| Cromo (Cr)                 | mg/L   | 0.0030 | 0.014   | 0.025   | - | - | - | - |
| Cobre (Cu)                 | mg/L   | 0.0180 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Hierro (Fe)                | mg/L   | 0.0230 | 0.192   | 0.627   | - | - | - | - |
| Potasio (K)                | mg/L   | 0.0510 | 13.94   | 19.91   | - | - | - | - |
| Litio (Li)                 | mg/L   | 0.0050 | 0.041   | 0.055   | - | - | - | - |
| Magnesio (Mg)              | mg/L   | 0.0190 | 5.701   | 5.813   | - | - | - | - |
| Manganeso (Mn)             | mg/L   | 0.0030 | 0.037   | 0.042   | - | - | - | - |
| Molibdeno (Mo)             | mg/L   | 0.0020 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Sodio (Na)                 | mg/L   | 0.0260 | 18.61   | 22.66   | - | - | - | - |
| Niquel (Ni)                | mg/L   | 0.0060 | 0.019   | 0.028   | - | - | - | - |
| Fósforo (P)                | mg/L   | 0.0240 | 3.142   | 4.245   | - | - | - | - |
| Plomo (Pb)                 | mg/L   | 0.0040 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Azufre (S)                 | mg/L   | 0.0910 | 35.60   | 35.76   | - | - | - | - |
| Antimonio (Sb)             | mg/L   | 0.0050 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Selenio (Se)               | mg/L   | 0.0070 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Silicio (Si)               | mg/L   | 0.1040 | 7.345   | 7.498   | - | - | - | - |
| Estaño (Sn)                | mg/L   | 0.0070 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Estroncio (Sr)             | mg/L   | 0.0030 | 0.346   | 1.382   | - | - | - | - |
| Titanio (Ti)               | mg/L   | 0.0040 | 0.045   | 0.068   | - | - | - | - |
| Talio (Tl)                 | mg/L   | 0.0030 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Uranio (U)                 | mg/L   | 0.0040 | <LCM  | <LCM  | - | - | - | - |
| Vanadio (V)                | mg/L   | 0.0040 | 0.046   | 0.063   | - | - | - | - |
| Zinc (Zn)                  | mg/L   | 0.0180 | 0.032   | 0.458   | - | - | - | - |
| Silice (SiO2)              | mg/L   | 0.2225 | 15.96   | 16.01   | - | - | - | - |

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Cajamarca, 18 de mayo de 2023

Página: 2 de 5



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

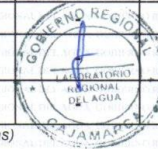
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



**INFORME DE ENSAYO N° IE 05230278**

| ENSAYOS                          |   |   | Químicos Instrumentales- Físicoquímicos                |        |   |   |   |   |
|----------------------------------|---|---|--|--------|---|---|---|---|
| Código de la Muestra             | Muestra 02-500g<br>Carbón activado<br>semilla de pino             | Muestra 03-1000g<br>Carbón activado<br>semilla de pino            | -  | -      | - | - | - | - |
| Código Laboratorio               | 05230278-01   | 05230278-02   | -  | -      | - | - | - | - |
| Matriz                           | Natural   | Natural   | -  | -      | - | - | - | - |
| Descripción                      | Superficial   | Superficial   | -  | -      | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra       | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) | -  | -      | - | - | - | - |
| Parámetro                        | Unidad  | LCM   | Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos |        |   |   |   |   |
| (*) Turbidez                     | NTU   | 0.09  | 53.45  | 15.95  | - | - | - | - |
| (*) pH a 25°C                    | pH  | NA  | 7.10   | 6.95   | - | - | - | - |
| (*) Conductividad a 25°C         | µS/cm   | NA  | 917.0  | 1056.0 | - | - | - | - |
| (*) Sólidos Disueltos<br>Totales | mg/L  | 2.5   | 544.0  | 617.0  | - | - | - | - |
| Oxígeno Disuelto                 | mg O <sub>2</sub> /L  | 0.5   | 2.25   | 2.37   | - | - | - | - |

Legenda: LCM: Limite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

Cajamarca, 18 de mayo de 2023

Página: 3 de 5



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

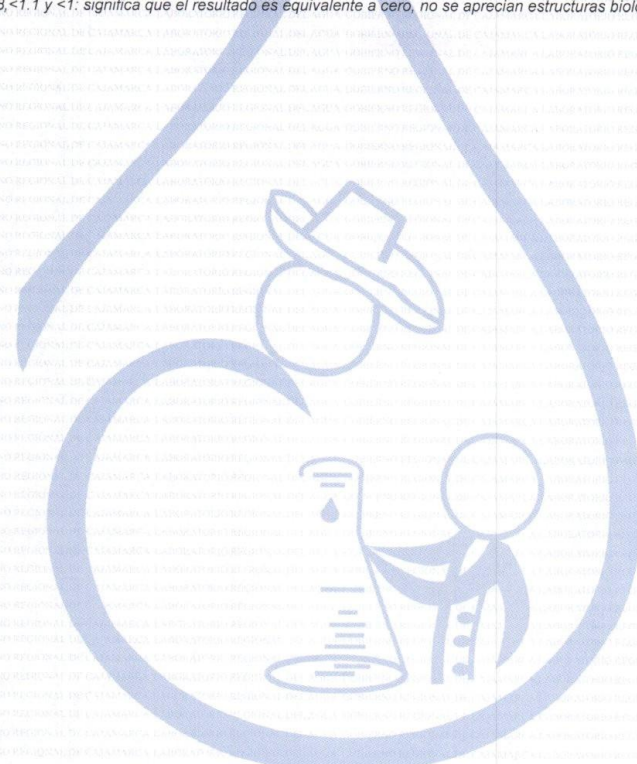
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



**INFORME DE ENSAYO N° IE 05230278**

| ENSAYOS                       |   |   | Microbiológicos            |      |   |   |   |
|-------------------------------|---|---|----------------------------|------|---|---|---|
| Código de la Muestra          | Muestra 02-500g<br>Carbón activado<br>semilla de pino             | Muestra 03-1000g<br>Carbón activado<br>semilla de pino            | -                          | -    | - | - | - |
| Código Laboratorio            | 05230278-01   | 05230278-02   | -                          | -    | - | - | - |
| Matriz                        | Natural   | Natural   | -                          | -    | - | - | - |
| Descripción                   | Superficial   | Superficial   | -                          | -    | - | - | - |
| Localización de la Muestra    | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) | -                          | -    | - | - | - |
| Parámetro                     | Unidad  | LCM   | Resultados Microbiológicos |      |   |   |   |
| Coliformes<br>Termotolerantes | NMP/<br>100mL   | 1.8   | <1.8                       | <1.8 | - | - | - |

*Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado*



**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

Cajamarca, 18 de mayo de 2023

Página: 4 de 5

## ANEXO N°12.Resultado de laboratorio del agua.

Muestra con tratamiento de 1500 gr y 2000 gr de carbón  
activado de semillas de pino.



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



**INFORME DE ENSAYO N° IE 05230288**

| ENSAYOS                    |   |   | Químicos Instrumentales       |       |   |   |  |
|----------------------------|---|---|-------------------------------|-------|---|---|--|
| Código de la Muestra       | Muestra 04-1500g<br>Carbón activado<br>semilla de pino            | Muestra 05-2000g<br>Carbón activado<br>semilla de pino            | -                             | -     | - | - |  |
| Código Laboratorio         | 05230288-01   | 05230288-02   | -                             | -     | - | - |  |
| Matriz                     | Natural   | Natural   | -                             | -     | - | - |  |
| Descripción                | Superficial   | Superficial   | -                             | -     | - | - |  |
| Localización de la Muestra | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) | -                             | -     | - | - |  |
| Parámetro                  | Unidad  | LCM   | Resultados de Metales Totales |       |   |   |  |
| Plata (Ag)                 | mg/L  | 0.0190  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Aluminio (Al)              | mg/L  | 0.0230  | 1.097                         | 1.121 | - | - |  |
| Arsénico (As)              | mg/L  | 0.0050  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Boro (B)                   | mg/L  | 0.0260  | 0.153                         | 0.369 | - | - |  |
| Bario (Ba)                 | mg/L  | 0.0040  | 0.607                         | 0.739 | - | - |  |
| Berilio (Be)               | mg/L  | 0.0030  | <LCM                          | 0.003 | - | - |  |
| Bismuto (Bi)               | mg/L  | 0.0160  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Calcio (Ca)                | mg/L  | 0.1240  | 67.18                         | 68.14 | - | - |  |
| Cadmio (Cd)                | mg/L  | 0.0020  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Cerio (Ce)                 | mg/L  | 0.0040  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Cobalto (Co)               | mg/L  | 0.0020  | 0.015                         | 0.021 | - | - |  |
| Cromo (Cr)                 | mg/L  | 0.0030  | 0.048                         | 0.045 | - | - |  |
| Cobre (Cu)                 | mg/L  | 0.0180  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Hierro (Fe)                | mg/L  | 0.0230  | 1.612                         | 2.423 | - | - |  |
| Potasio (K)                | mg/L  | 0.0510  | 21.03                         | 22.06 | - | - |  |
| Litio (Li)                 | mg/L  | 0.0050  | 0.062                         | 0.047 | - | - |  |
| Magnesio (Mg)              | mg/L  | 0.0190  | 5.921                         | 5.997 | - | - |  |
| Manganeso (Mn)             | mg/L  | 0.0030  | 0.047                         | 0.063 | - | - |  |
| Molibdeno (Mo)             | mg/L  | 0.0020  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Sodio (Na)                 | mg/L  | 0.0260  | 23.71                         | 24.47 | - | - |  |
| Niquel (Ni)                | mg/L  | 0.0060  | 0.036                         | 0.042 | - | - |  |
| Fósforo (P)                | mg/L  | 0.0240  | 4.326                         | 4.481 | - | - |  |
| Plomo (Pb)                 | mg/L  | 0.0040  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Azufre (S)                 | mg/L  | 0.0910  | 35.97                         | 36.01 | - | - |  |
| Antimonio (Sb)             | mg/L  | 0.0050  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Selenio (Se)               | mg/L  | 0.0070  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Silicio (Si)               | mg/L  | 0.1040  | 7.542                         | 7.692 | - | - |  |
| Estaño (Sn)                | mg/L  | 0.0070  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Estroncio (Sr)             | mg/L  | 0.0030  | 1.452                         | 1.235 | - | - |  |
| Titanio (Ti)               | mg/L  | 0.0040  | 0.072                         | 0.084 | - | - |  |
| Talio (Tl)                 | mg/L  | 0.0030  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Uranio (U)                 | mg/L  | 0.0040  | <LCM                          | <LCM  | - | - |  |
| Vanadio (V)                | mg/L  | 0.0040  | 0.073                         | 0.081 | - | - |  |
| Zinc (Zn)                  | mg/L  | 0.0180  | 1.025                         | 1.053 | - | - |  |
| Silice (SiO <sub>2</sub> ) | mg/L  | 0.2225  | 16.14                         | 16.97 | - | - |  |

Legenda: LCM: Limite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Cajamarca, 23 de mayo de 2023

Página: 2 de 5



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

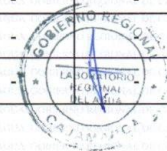
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 05230288

| ENSAYOS                    |   |      | Químicos Instrumentales- Físicoquímicos                           |        |   |   |   |   |
|----------------------------|---|------|---|--------|---|---|---|---|
| Código de la Muestra       | Muestra 04-1500g<br>Carbón activado<br>semilla de pino            |      | Muestra 05-2000g<br>Carbón activado<br>semilla de pino            |        | - | - | - | - |
| Código Laboratorio         | 05230288-01   |      | 05230288-02   |        | - | - | - | - |
| Matriz                     | Natural   |      | Natural   |        | - | - | - | - |
| Descripción                | Superficial   |      | Superficial   |        | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) |      | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión<br>Cajamarca) |        | - | - | - | - |
| Parámetro                  | Unidad  | LCM  | Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos            |        |   |   |   |   |
| Turbidez                   | NTU   | 0.09 | 26.5  | 5.76   | - | - | - | - |
| pH a 25°C                  | pH  | NA   | 6.73  | 6.41   | - | - | - | - |
| Conductividad a 25°C       | µS/cm   | NA   | 1260.0  | 1478.0 | - | - | - | - |
| Sólidos Disueltos Totales  | mg/L  | 2.5  | 716.0   | 770.0  | - | - | - | - |
| Oxígeno Disuelto           | mg O <sub>2</sub> /L  | 0.5  | 2.23  | 2.48   | - | - | - | - |

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

Cajamarca, 23 de mayo de 2023

Página: 3 de 5



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084

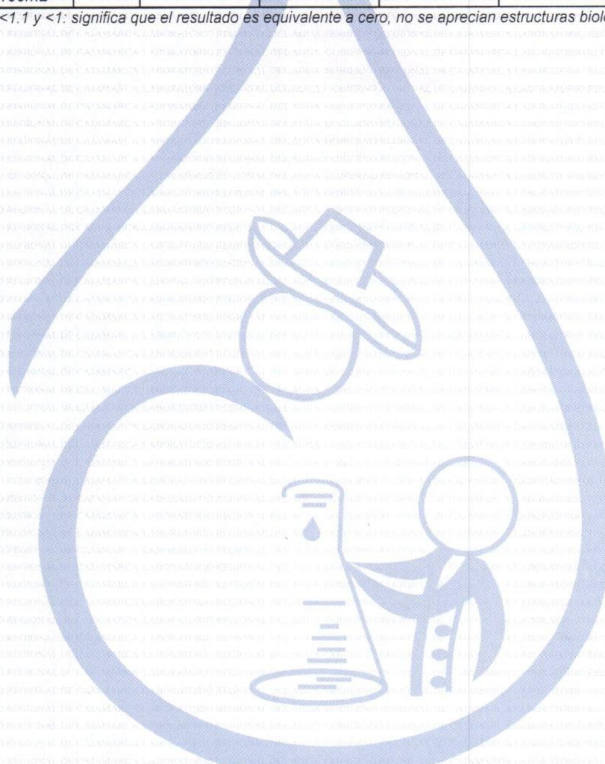


**INFORME DE ENSAYO N° IE 05230288**

| ENSAYOS                       |  |   | Microbiológicos            |      |   |   |
|-------------------------------|--|---|----------------------------|------|---|---|
| Código de la Muestra          | Muestra 04-1500g<br>Carbón activado<br>semilla de pino | Muestra 05-200g<br>Carbón activado<br>semilla de pino | -                          | -    | - | - |
| Código Laboratorio            | 05230288-01  | 05230288-02   | -                          | -    | - | - |
| Matriz                        | Natural  | Natural   | -                          | -    | - | - |
| Descripción                   | Superficial  | Superficial   | -                          | -    | - | - |
| Localización de la Muestra    | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión)   | Río San Lucas-<br>Parte baja (Barrio<br>Bella Unión)  | -                          | -    | - | - |
| Parámetro                     | Unidad   | LCM   | Resultados Microbiológicos |      |   |   |
| Coliformes<br>Termotolerantes | NMP/<br>100mL  | 1.8   | 49                         | <1.8 | - | - |



*Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado*



**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

Cajamarca, 23 de mayo de 2023

Página: 4 de 5

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ  
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe 599000 anexo 1140



## ANEXO N° 13. Panel fotográfico

**Figura 23.**

*Extracción de los agregados de la cantera Bazán.*



*Nota: Compra de los agregados: Arena, grava de ¾", ½" y 3/8".*

**Figura 24.**

*Análisis granulométrico.*



*Nota: Análisis granulométrico mediante tamizado en seco de 500 gr  
de arena.*

**Figura 25.**  
*Tamizado de la arena.*



*Nota:* Eliminación de limo y arcilla usando el tamiz N°200.

**Figura 26.**  
*Lavado de arena.*



*Nota:* Lavado de arena para eliminación de polvo.

**Figura 27.**  
*Secado de arena.*



*Nota:* Se realizo el sacado de la arena en un área bien limpia.

**Figura 28.**  
*Tamizado de la grava.*



*Nota:* selección de la grava de acuerdo a las mallas 3/4", 1/2"y 3/8".

**Figura 29.**  
*Recolección de las semillas de pino.*



*Nota:* Se procedió a la recolección de las pepas de pino del centro poblado De Porco distrito de Cajamarca, provincia y región Cajamarca.

**Figura 30.**  
*Secado de las semillas de pino.*



*Nota:* secado de las semillas de pino por un periodo de 24 horas.

**Figura 31.**  
*Trituración de las semillas de pino.*



*Nota:* Se efectuó la trituración de las semillas de pino utilizando una Comba de 5 lb.

**Figura 32.**  
*Separación de los granos después de la trituración.*



*Nota:* Se procedió a separar los granos de pino utilizando los tamices N°08 y N°4.

**Figura 33.**  
*Peso de los granos de pino.*



*Nota:* Se realizó el pesado de los granos de pino, obteniéndose 10 kg.

**Figura 34.**  
*contenido de humedad.*



*Nota:* Secado a 110 C° +- 5 por 24 horas.

**Figura 35.**  
*Productos químicos.*



*Nota:* Producto químicos para activación del carbón activado de semillas de pino.

**Figura 36.**  
*Esparcimiento de ácido fosfórico en los granos de pino.*



*Nota:* Se humedeció los granos de pino con ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), en una proporción de 2kg a 0.5L respectivamente.



**Figura 37.**

*Secado de granos de pino, luego del esparcimiento de ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ )*



*Nota:* Secado de granos de pino, por un tiempo de 5 horas.

**Figura 38.**

*Separación de los granos de pino de acuerdo a su peso.*



*Nota:* Separación de los granos de pino de acuerdo a su peso, para luego ser secado en horno.

**Figura 39.**  
*Secado de los granos de pino en horno.*



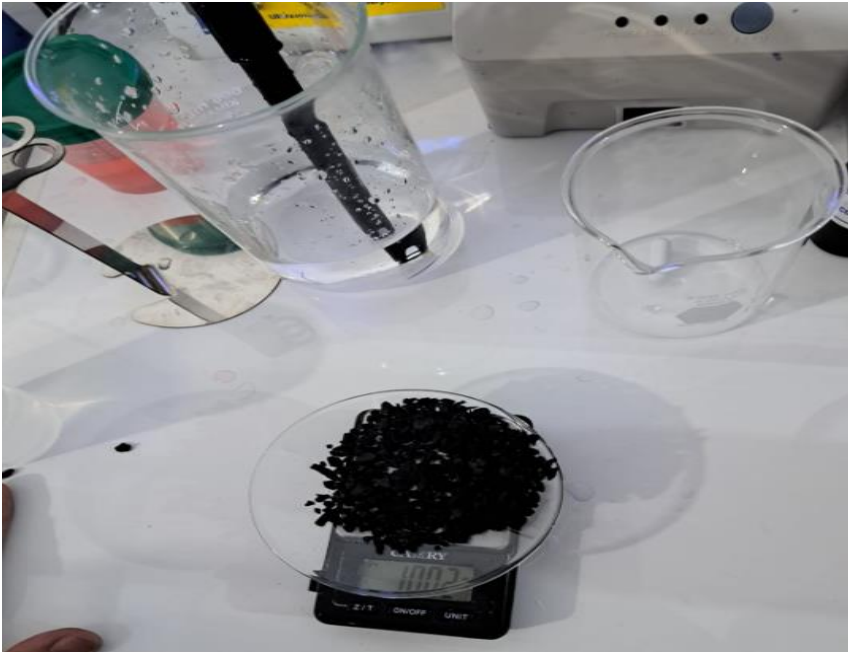
*Nota:* Se realizó el secado de los granos de pino a a  $110\text{ C}^{\circ} \pm 5$  por 72 horas, para retirar el excedente de ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ).

**Figura 40.**  
*Activación del carbón activado.*



*Nota:* Activación del carbón activado de los granos de pino utilizando un horno eléctrico a una temperatura de  $500\text{ C}^{\circ}$  por un periodo de 120 min.

**Figura 41.**  
*Verificación del pH del carbón activado.*



*Nota:* Verificación del pH, utilizando un pH metro de mano.

**Figura 42.**  
*Esparcimiento de agua desionizada*



*Nota:* se realizó el lavado del carbón activado, utilizando agua desionizada  
Para reducir su grado de acidez.

**Figura 43.**  
*Secado del carbón activado.*



*Nota:* Se efectuó el secado del carbón activado, luego del lavado con Agua desionizada.

**Figura 44.**  
*Molienda del carbón activado*



*Nota:* Molienda del carbón activado en partículas más pequeñas, se uniformiza de acuerdo al tamiz N°200.

**Figura 45.**  
*Peso del carbón activado.*



*Nota:* Se tomó el peso de cada una de la muestra de carbón activado.

**Figura 46.**  
*Toma de la muestra patrón del río San Lucas.*



*Nota:* se realizó la toma de muestras patrón, en la estación metereológica n°08, perteneciente al río San Lucas.

**Figura 47.**  
*Recolección de agua.*



*Nota:* se recogió agua en baldes de 20 litros, para el tratamiento con carbón activado con diferentes proporciones.

**Figura 48.**  
*Materiales e instrumentos utilizados en el tratamiento de agua.*



*Nota:* Materiales e instrumentos utilizados en el tratamiento de agua con carbón activado de semillas de pino en el punto recolección de agua perteneciente a la estación meteorológica N°08 del río San Lucas.

**Figura 49.**  
*Colocación de gravilla*



*Nota.* Se procedió a colocación de gravilla en tres capas: Primera capa, con espesor de 15 cm se colocó grava de 3/8", segunda capa con espesor de 15 cm se colocó grava de 1/2" y una tercera capa con espesor de 15 cm se colocó grava de 3/4".

**Figura 50.**  
*Colocación de carbón activado de semillas de pino.*



*Nota.* Se efectuó la colocación de carbón activado, con espesores de 1 cm (500 gr), 2 cm (1000 gr), 3 cm (1500gr) y 4 cm (2000 gr).

**Figura 51.**  
*Colocación de arena fina.*



*Nota.* Se efectuó la colocación de arena fina de río, con un espesor de 40 cm.

**Figura 52.**  
*Agua proveniente del río San Lucas*



*Nota:* Se procedió a vaciar agua proveniente de la estación meteorológica nº08, perteneciente al río San Lucas.



**Figura 53.**  
*Proceso de filtración*



*Nota:* El proceso de filtración fue lento, en el cual los periodos de tiempo Vario de acuerdo a los tratamientos con carbón activado de semillas de pino.

**Figura 54.**  
*Toma de muestras.*



*Nota.* Finalmente, se procedió a la toma de muestras de cada uno de los tratamientos realizados con carbón activado de semillas de pino.