

# Efficacy of *Persea Americana* and *Coffea Arabica* in the treatment of acid water from a mining effluent

Patricia L. Vigo<sup>1</sup>, Renzo A. Saldaña<sup>2</sup>, Sofía M. Melgarejo<sup>3</sup>, Gladys S. Licapa-Redolfo<sup>4</sup>,  
<sup>1,2,3</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, [N00228180@upn.pe](mailto:N00228180@upn.pe), [N00227605@upn.pe](mailto:N00227605@upn.pe), [N00256585@upn.pe](mailto:N00256585@upn.pe)  
<sup>4</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte, Perú, [Gladys.licapa@upn.edu.pe](mailto:Gladys.licapa@upn.edu.pe)

*Abstract – The objective of this research is to determine the effectiveness of Persea americana and Coffea Arabica in the removal of Zn, Cu, Fe from a mining effluent located in the town of Algamarca. The purpose of using these emerging technologies is due to the low cost, high efficiency in the adsorption of metals present in the water; for their physical and chemical properties that they present. Firstly, it began with the characterization of the in-situ parameters, obtaining an initial pH of 2.08; later without treatment obtaining the following results copper 19 ppm, Zinc 11.65 ppm and Iron 5.8 ppm. By performing three treatments with doses of 10 and 20 grams of Persea americana and Coffea arabica, optimal results were obtained. When the proportions of coffee mucilage were applied for 20 g and in 3 hours of sedimentation. In the case of copper with treatment of 20 g of the combined sample, it was possible to reduce 84.47%; for Zinc with 20 g of coffee mucilage of 74.68% %, for the treatment of both biomasses in proportions the reduction was 86.52% copper and for Iron 98.79% reaching a pH of 6.12. With this we are proposing complementary treatments for the reduction of metals in mining effluents.*

*Palabras Clave— Coffee mucilage, avocado seed, adsorption, metals, mining effluent.*

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).  
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).  
DO NOT REMOVE

# Eficacia de la *Persea Americana* y *Coffea Arabica* en el tratamiento de aguas ácidas de un efluente minero

Patricia L. Vigo<sup>1</sup>, Renzo A. Saldaña<sup>2</sup>, Sofía M. Melgarejo<sup>3</sup>, Gladys S. Licapa-Redolfo<sup>4</sup>,  
<sup>1,2,3</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, [N00228180@upn.pe](mailto:N00228180@upn.pe), [N00227605@upn.pe](mailto:N00227605@upn.pe), [N00256585@upn.pe](mailto:N00256585@upn.pe)  
<sup>4</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, [Gladys.licapa@upn.edu.pe](mailto:Gladys.licapa@upn.edu.pe)

**Resumen**— *La presente investigación tiene como objetivo determinar la eficacia de Persea americana y Coffea Arabica en la remoción de Zn, Cu, Fe de un efluente minero ubicado en la localidad de Algamarca. El propósito del empleo de estas tecnologías emergentes es debido al bajo costo, alta eficiencia en la adsorción de metales presentes en el agua; por sus propiedades físicas y químicas que presentan. Primeramente, se inició con la caracterización de los parámetros in-situ, obteniendo un pH inicial de 2.08; posteriormente sin tratamiento obteniendo los siguientes resultados cobre 19 ppm, Zinc 11.65 ppm y Hierro 5.8 ppm. Al realizar tres tratamientos con dosis de 10 y 20 gramos de Persea americana y Coffea arabica, se obtuvieron resultados óptimos. Cuando se aplicó las proporciones de mucilago de café para 20 g y en 3 horas de sedimentación. En el caso de cobre con tratamiento de 20 g de la muestra combinada se logró reducir el 84.47 %; para Zinc con 20 g de mucilago de café del 74.68% %, para el tratamiento de ambas biomásas en proporciones la reducción fue del 86.52% cobre y para Hierro 98.79% alcanzando un pH de 6.12. Con ello estamos proponiendo tratamientos complementarios para la reducción de metales en efluentes mineros.*

**Palabras Clave**— *Mucilago de café, pepa de palta, adsorción, metales, efluente minero.*

## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación de agua es un problema principal que afecta gravemente al bienestar de los seres vivos. Además, se producen variaciones en características físicas, químicas y biológicas del ambiente todo esto es causado por los factores naturales y la presencia de actividades humanas; teniendo como principales a descargar de efluentes mineros, derrame de petróleo, vertido de aguas fecales, actividades industriales, agrícolas y ganaderas [1]

Por otro lado, la falta de tratamiento hace que su deterioro de la calidad de agua sea notable [2]; si bien en ciudades pobladas cuentan con una planta de tratamiento, pero las zonas rurales algunas de ellas son abastecidas de fuentes naturales las cuales pueden estar contaminados por cualquier actividad

industrial o minera u otras [4]. Ante ello afortunadamente existen tratamiento con diversas tecnologías; entre ellas está la precipitación, intercambio iónico y la adsorción especialmente para metales pesados.

El proceso de adsorción ofrece mejores ventajas para la eliminación de los metales pesados en aguas. Existen diferentes adsorbentes que pueden ser empleados entre el más utilizado se encuentra carbón activado debido a su versatilidad en sus propiedades físicas y químicas. Una de sus ventajas con técnicas convencionales es; son de bajo costo, alta eficiencia [3].

En el Perú tenemos biomásas residuales, las cuales podemos utilizar para generar carbón activado. Las partes del fruto de la pepa de palta, puede ser empleada para la adsorción de metales [1]. Por otra parte, varios autores han encontrado que la pulpa, mucilago de café tiene ventajas competitivas comparando con los adsorbentes convencionales; sus propiedades fisicoquímicas convierten en intercambiadores iónicos con los metales pesados [4]

En el estudio dirigido por Cabana [5], se compara la eficacia de dos bioadsorbentes semilla de palta (*Persea americana*) y mazorca de maíz (*Zea mays*) para la remoción de arsénico y otros metales. Se obtuvo como dato que la mazorca de maíz fue la más eficiente con 95.45 % en un pH 5.8 y para la semilla de pala fue de 92.86 con una concentración de 0.013 g/ml. Del mismo modo Viñan [6] afirmo que el café presenta capacidad de adsorción en su estructura para el plomo, cobre y zinc sobresaliendo pb con una concentración de 1.59 mg/L.

La bioadsorción es un proceso fisicoquímico que incluye el fenómeno de adsorción de iones convencionales, debido a que busca la remoción de metales [5]. Según Carbajal et al [4] este proceso condicionan ciertas variables en primer lugar está el pH incide en los sitios de intercambio y en el estado iónico, temperatura debido a que este proceso es endotérmico y se desarrolla a temperatura de bajo rango, tiempo de contacto tiene que ver con el tiempo donde cada biomasa alcanza el equilibrio, concentración inicial de los metales donde entre mayor concentración inicial del metal se reduce la adsorción de la superficie del absorbente, dosis del absorbente se refiere a la

cantidad adicionada del material adsorbente donde si esta alta alcanzará una velocidad más rápida.

Diversas investigaciones describen que las tecnologías de biomasa natural tienen una ventaja competitiva en la adsorción de metales pesados como Zinc (Zn), Hierro (Fe), Plomo (Pb), Cromo (Cr), Cobre (Cu). Por ende, la importancia de este estudio busca alternativas para el tratamiento de aguas contaminadas las cuales se encuentren dentro de un desarrollo de conocimiento científico para obtener eficaces resultados y brindar una mejor calidad a la ciudadanía. Por cuál se tiene como objetivo determinar la eficiencia de la semilla de palta o mucílago de café en el tratamiento de aguas de un efluente minero del centro poblado de San Miguel de Algamarca, Cachachi, Cajabamba, Cajamarca 2023.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de la investigación es de tipo experimental conocido como estudio de intervención, investigador manipula intencionalmente las variables de estudio [7]. El término experimento tiene al menos dos acepciones, una general y otra particular.

### Ubicación y recolección de muestras

Se realizó una recolección de muestras en una quebrada ubicada en la localidad de Algamarca, Provincia de Cajamarca, Cajamarca. En este lugar se identificó 4 puntos de monitoreo y teniendo en cuenta el desvío del relave minero. Posteriormente, se identificaron los puestos estratégicos y representativos teniendo en cuenta el caudal del efluente, se tomó a 5 metros (Fig.1), se extrajo 16 litros de agua en total 4 de cada punto. Además, se efectuó la georreferenciación de cada punto de monitoreo.

Asimismo, la recolección de las muestras de efluentes ácidos fue siguiendo el protocolo de monitoreo de agua para luego ser llevado al laboratorio para el análisis.

TABLA 1  
COORDENADAS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Muestreo	Descripción	Zona UTM	Norte	Este	Altitud
P01	Inicio del Efluente minero San Miguel de Algamarca	17 M	802660.73	842171.32	35.46
P02	Parte intermedia del efluente	17 M	802660.18	842172.42	35.45
P03	Descarga del efluente	17 M	802658.14	842174.62	35.45

### A. Caracterización de la muestra

TABLA 2  
PARÁMETROS MEDIDOS IN-SITU

Parámetro	Valor
pH	2.08
T°	23 °C
Conductividad	2.50 mS/cm
Oxígeno disuelto	5.98 mg/L

Se tomó en cuenta los parámetros como el pH, la conductividad los cuales fueron medidos en campo para luego poder realizar el análisis de los metales. En tabla 2 se muestran los datos, por otro lado, se utilizó el laboratorio de la Universidad para obtener los resultados correspondientes, cuyos análisis se llevó a cabo a través del método instrumental.



Fig. 1. Muestreo de efluente ácido de minera artesanal (P1, P2 y P3)

### B. Dosificación de pepa de palta y mucílago de café para el tratamiento.

Se utilizó 60 gramos de *Persea Americana* y 60 gramos de mucílago de café realizado con sus respectivas especificaciones para cada proceso. Además, el tipo de diseño experimental es bifactorial con 3 niveles por variable independiente con un tamaño muestral de 3 repeticiones los que se muestran en la tabla 3.

TABLA 3  
MODELO MATRICIAL PARA EL EXPERIMENTO

Factor de tratamiento (Pepa de palta y mucílago de café)	Factores de niveles		
	Y1	Y2	Y3
X1	M111	M121	M131
X2	M211	M221	M231
X3	M311	M321	M331

Donde:

M: Medición a efectuarse

X1 ...X2: Tiempo de absorción (h)

Bloque 1 –Factor de niveles

Y1...Y3: Dosis de semilla de palta (g/L). muestras totales (3x3x1) = 9

### C. Procedimiento del tratamiento a escala de laboratorio.

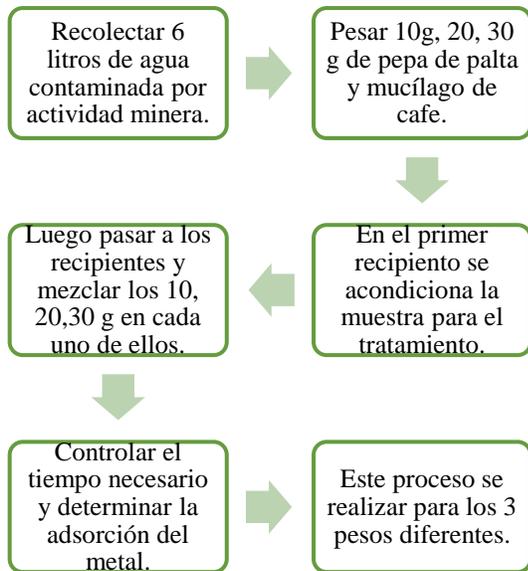


Fig. 2. Procedimiento de la ejecución experimental

#### D. Cálculo de remoción de metales

Para la remoción de metales se emplea la ecuación 1, con el fin de comparar los resultados y así determinar cuál de los tratamientos es más efectivo.

$$\%Remoción = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100 \dots \dots Ec 1$$

Donde:

- % Remoción: Porcentaje de remoción
- $C_0$ = Concentración inicial
- $C_f$ = Concentración Final

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. Características de la muestra sin tratamiento.

Los resultados presentados del análisis sin tratamiento en la tabla 2, muestran que los puntos elegidos tienen cierta concentración de los metales a analizar; se inició con el pH debido que tiene un valor 2.08. En la figura 3 se muestran los datos que se obtuvieron; se puede afirmar que el cobre tiene una concentración mayor a diferencia de los demás metales.

TABLA 4  
CONCENTRACIÓN DE LOS METALES SIN TRATAMIENTO

Metales	Valor
Cobre	19 mg/L
Zinc	11.65 mg/L
Hierro	5.8 mg/L

#### B. Caracterización de la muestra con tratamiento

En la figura 3 se observa las concentraciones para Zinc antes y después del tratamiento de acuerdo con el tiempo considerado para la evaluación. Donde se analiza que el tiempo de contacto influye para que la biomasa alcance su equilibrio, donde al aumentar la cantidad de absorbente va incrementando la eficiencia de absorción; tal como se muestra en la figura en antes el valor de Zinc era de 11.65 ppm y en adicionando 10 g llegó a 3.95 en 3 horas, para la dosis de 20 g en 3 horas se obtuvo una concentración de 2.95 ppm. Contrastando con los límites máximos permisibles según el valor máximo es de 1.5 mg/L; por lo cual todos los datos finales aún siguen sobrepasando [9].

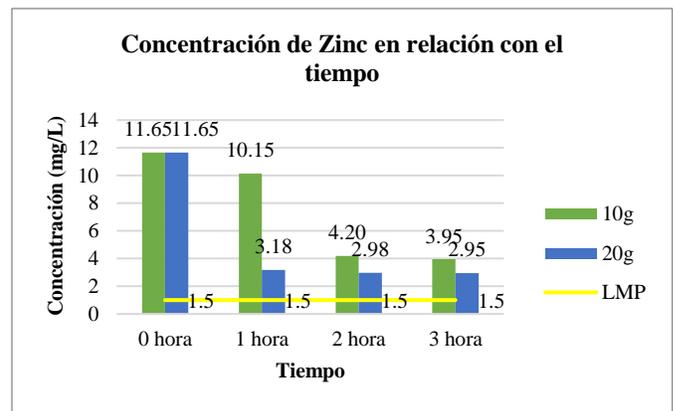


Fig. 3 Concentración de Zinc antes y después del tratamiento con mucílago de café.

En la siguiente figura 4 se muestra la concentración de Zinc cuando se aplicó la pepa de palta. Existen investigaciones que indican que la pepa de palta tiene muchos beneficios y además es empleado para tratamientos de metales, pero como carbón activa en donde el cual tiene más eficiencia. Se analizó que este tipo de biomasa es poco menos eficiente a comparación de la anterior se puede notar de existe una variación poco significativa. Donde el tiempo es importante para este tratamiento en un inicio la concentración de Zinc era 11.65 mg/L y en 3 horas se llegó a una remoción de 2.83 ppm [8].

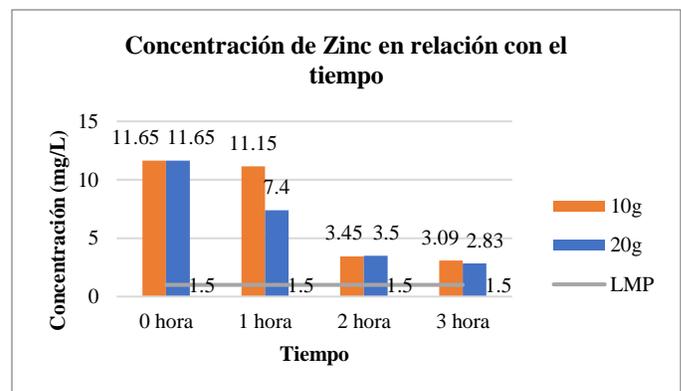


Fig. 4 Concentración de Zinc del tratamiento con pepa de palta

En la figura 5 se presenta la concentración de Zinc de la muestra combinada. Antes del tratamiento la concentración era de 11.65 ppm llegando al pasar el tiempo a una concentración de 1.57 ppm cuando se agregó 20 g de la muestra, en un periodo de 3 horas. Comparando con los LMP, el valor máximo cuando se hace el muestreo en cualquier momento es de 1.5 mg/L [9], lo cual se podría decir que este metal está por encima aun del dato brindado. Cabe señalar que el factor más importante dentro este proceso adsorción influye el pH de la solución [12].

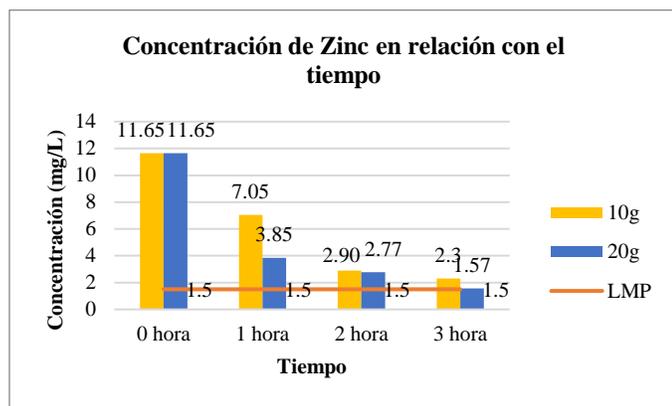


Fig. 5 Concentración final de Zinc del tratamiento combinado con pepa de palta y mucílago de café

Por consiguiente, en la figura 6 se presenta la concentración de Cobre en inicio y después del tratamiento, se verifica las variaciones conforme el tiempo de contacto; llegando al valor mínimo de 4.38 mg/L. Comparando con la normativa para este tipo de actividad el límite máximo permisible según [9] el valor máximo es 0.5 mg/L, por lo cual el valor que se obtuvo aún no se encuentra dentro de la normativa. Asimismo, existen hallazgos que describen que la semilla de palta es importante para la adsorción de otros metales como es el hecho de plomo llegando a una eficiencia del 88 % [11].

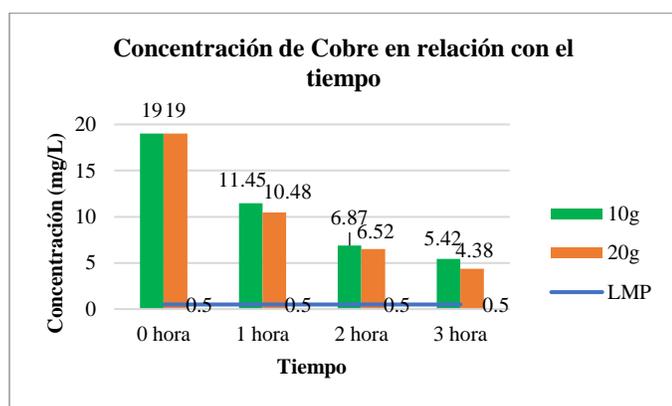


Figura 6. Concentración de cobre del tratamiento con pepa de palta

En la figura 7 se muestra los niveles de concentración de cobre antes y después de aplicar el tratamiento para 10 g y 20 g. Estos valores representan la efectividad del mucílago de café

conforme al tiempo de contacto y la dosis que has aplicado; el resultado menor que se obtuvo fue 2.95 ppm de 19 ppm que en inicio tenía la muestra. En contraste con los límites máximos permisible para cobre cuando la muestra es tomada en cualquier momento su valor que debe presentar es 0.5 mg/L [9]; en ese sentido la muestra recogida obtuvo una concentración muy alta, pero al aplicar este tratamiento se revela una disminución lo cual para llegar a dato máximo que permite se tendría que manejar el tiempo y la dosis de la biomasa.

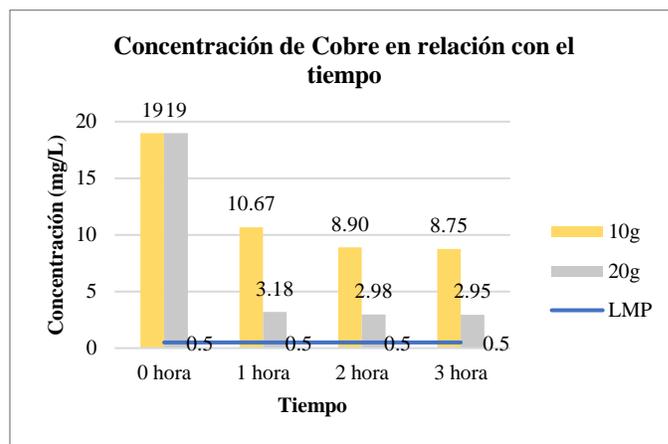


Figura 7. Concentración final de cobre del tratamiento con mucílago de café.

Los resultados obtenidos en figura 8 corresponden al metal cobre al aplicar la combinación de los dos tratamientos, en un inicio concentración de la muestra presentaba un nivel de contaminación considerable de alrededor de 19 ppm. Sin embargo, mediante el uso de la combinación con pepa de palta y mucílago de café, se logró una eficiente disminución del cobre contaminante hasta un 1.57 ppm, como se muestra claramente en la figura 8.

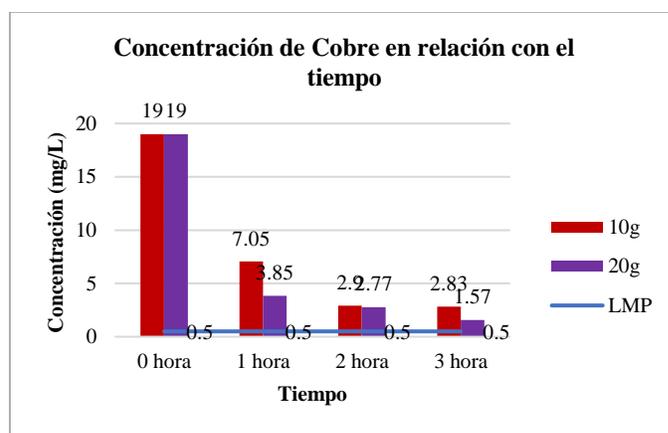


Figura 8. Concentración de Cu con tratamiento combinado de pepa de palta y mucílago de café

En la tabla 9 se observa la concentración de Fe al aplicar la dosis de pepa de palta; para 10 g el valor mínimo que se obtuvo fue de 0.19 ppm y en 20 g se llegó a 0.15 ppm el cual se analiza

que esta biomasa es viable para disminuir la concentración de Hierro. Por otro lado, en un estudio se aplicó carbón activado de la pepa de palta para 3 metales en el cual se encuentra el Fe empleando un tiempo de dos horas obtuvo un resultado de 0.0257 mg de concentración final para este metal [10]. Los resultados dan a conocer la importancia que tiene la pepa de palta al disminuir su concentración inicial.

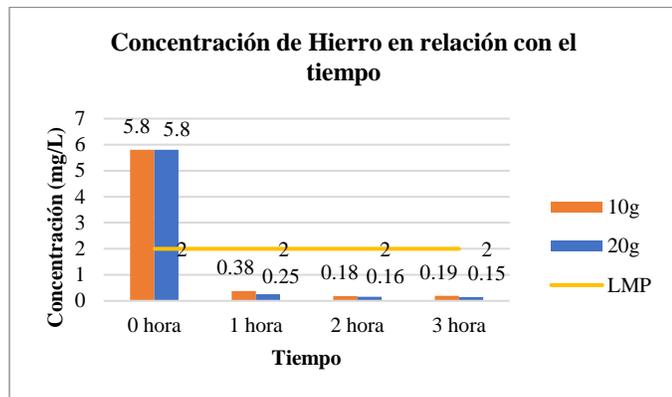


Figura 9. Concentración final de Hierro del tratamiento con pepa de palta

Los resultados presentados en la figura 10 sobre la concentración final luego de aplicar el tratamiento muestran que existe una efectividad notable en el proceso de remoción de hierro utilizando el mucílago de café. Por lo cual, es evidente que esta biomasa de café tiene un impacto significativo, debido que logra a disminuir los niveles de hierro encontrados en el punto de muestreo.

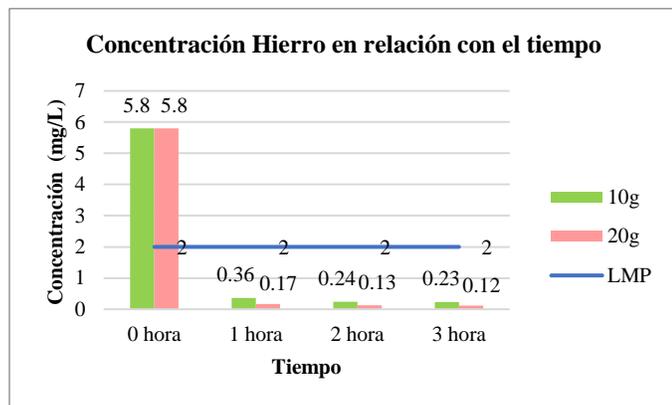


Figura 10. Concentración final de Fe del tratamiento con mucílago de café.

Los resultados expuestos en la figura 11 son impresionantes y demuestran claramente que la combinación del mucílago de café y la pepa de palta resulta en un tratamiento altamente efectivo para la remoción de hierro. La disminución en la concentración de hierro es notable, mostrando resultados altamente satisfactorios.

Inicialmente, la concentración de hierro era de 5.8 ppm, cuando se realizó el tratamiento con la combinación de mucílago de café y pepa de palta, se logró reducir la

concentración a niveles muy bajos, alcanzando 0.1 ppm o incluso 0.07 ppm. Estos valores reflejan una eficacia significativa en la eliminación del hierro del agua tratada. Estos valores contrastando con los Límites máximos permisibles para esta actividad nos indica que el valor máximo cuando la muestra es tomada en cualquier momento su valor máximo que debe llegar es de 2 mg/L [9]; por ende, los resultados obtenidos al aplicar los tratamientos dichos valores se encuentra dentro de lo establecido.

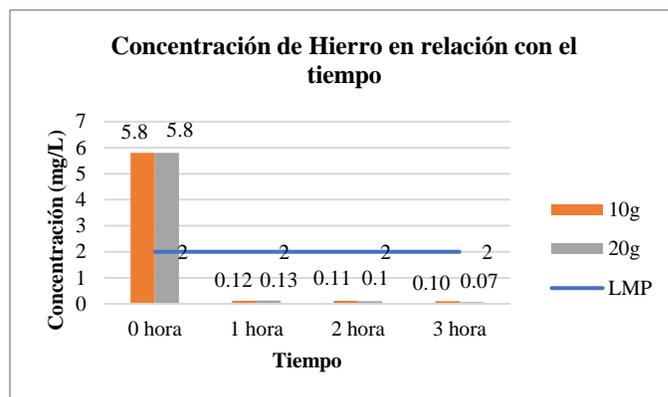


Figura 11. Concentración final de Fe del tratamiento combinado con pepa de palta y mucílago de café

### C. Porcentaje de Remoción de resultados obtenidos después del tratamiento

En tabla 5 se presenta el porcentaje de remoción el valor máximo que se obtuvo para 10 g en 3 horas fue de 66.09 % y en 20 g fue de 74.68%. Por otro lado, el mucílago de café tiene ventajas competitivas sus propiedades fisicoquímicas los convierte en excelentes intercambiadores iónicos de metales; para el caso de Zinc la cascara de café tiene una tasa de remoción que varía desde 48 % - 79 % [4].

TABLA 5  
PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE Zn EN RELACIÓN CON EL TIEMPO DE TRATAMIENTO

Zinc %						
Concentración	10 g			20 g		
Tiempo	Pepa de palta	Mucilago de café	Pepas de palta + Mucilago de café	Pepa de palta	Mucilago de café	Pepas de palta + Mucilago de café
1h	4.29	12.88	39.48	36.48	72.70	66.95
2h	70.39	63.95	75.11	69.96	74.42	76.22
3h	73.48	66.09	80.26	75.97	74.68	86.52

A continuación, en la tabla 6 se muestran el porcentaje de remoción de cada tratamiento para el metal cobre según el tiempo de contacto y la cantidad de biomasa agregado. Podemos observar que el más efectivo interactuando de manera individual fue cuando se utilizó el mucílago de café

encontrando en rango de 43.84 % a 84.47 % estos datos varían según incrementas la dosis y la duración del tiempo. Rosales y Quevedo (2019) en ese mismo sentido afirman que según pase el tiempo e incrementas la masa va ascendiendo el porcentaje de remoción, cabe señalar que es importante tener en cuenta la masa optima debido que luego puede ir comenzando a disminuir cuando ya alteras la dosis [3].

TABLA 6  
PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE Cu EN RELACIÓN CON EL TIEMPO DE TRATAMIENTO

Cobre %						
Concentración	10 g			20 g		
	Pepa de palta	Mucilago de café	Pepas de palta + Mucilago de café	Pepa de palta	Mucilago de café	Pepas de palta + Mucilago de café
Tiempo						
1h	39.74	43.84	62.89	44.84	83.26	79.74
2h	63.84	53.16	84.74	65.68	84.32	85.42
3h	71.47	53.95	85.11	76.95	84.47	91.74

En la siguiente tabla 7, se aprecia los resultados de porcentaje de remoción, se puede observar que los 3 tratamientos son más efectivos para remover Hierro. En el tratamiento de pepa de palta el porcentaje máximo de remoción fue de 96.72 %, para el caso de mucilago de café fue 95.86 %; acá se puede notar una diferencia que este es poco menos efectivo que la pepa de palta. Además, conforma vas incrementado la dosis la remoción es más eficaz. Se enfatiza que cuando agregas las dosis combinadas eficiente. En una investigación se aplicó la *persea americana* para tres metales como plomo, hierro, y cadmio, obteniendo resultados muy cercanos a los obtenidos en la investigación realizada [10].

TABLA 7  
PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE Fe EN RELACIÓN CON EL TIEMPO DE TRATAMIENTO.

Hierro %						
Concentración	10 g			20 g		
	Pepa de palta	Mucilago de café	Pepas de palta + Mucilago de café	Pepa de palta	Mucilago de café	Pepas de palta + Mucilago de café
Tiempo						
1h	93.45	93.79	97.93	95.69	97.07	97.76
2h	96.72	95.86	98.10	97.24	97.76	98.28
3h	96.90	96.03	98.28	97.41	97.93	98.79

#### IV. CONCLUSIONES

En conclusión, tras analizar los resultados obtenidos, se concluye que la técnica más eficiente para el tratamiento de aguas contaminadas con zinc, cobre y hierro en el efluente minero de la localidad de Algamarca es el uso de la combinación de pepa de palta y mucilago de café. Se identificaron las concentraciones de estos tres metales en el

efluente minero y se evaluaron en función de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos.

En cuanto al zinc, se observó que la concentración más baja alcanzada después del tratamiento con pepa de palta fue de 2.83 mg/L, con un porcentaje de remoción del 75.97% utilizando 20 g de pepa de palta durante tres horas. En cambio, el uso de mucilago de café logró una concentración mínima de 2.95 mg/L con un porcentaje de remoción del 74.68%. La muestra combinada mostró la concentración más baja de 1.57 mg/L con un impresionante porcentaje de remoción del 86.52%.

En el caso del cobre, el tratamiento con pepa de palta alcanzó una concentración mínima de 4.38 mg/L con un porcentaje de remoción del 76.95%. El uso de mucilago de café redujo la concentración mínima a 2.95 mg/L con un porcentaje de remoción del 84.47%. La muestra combinada, por su parte, registró una concentración mínima de 1.57 mg/L con un alto porcentaje de remoción del 91.74%. Seguidamente en lo que respecta al hierro, el tratamiento con pepa de palta alcanzó una concentración mínima de 0.15 mg/L con un porcentaje de remoción del 97.41%. Utilizando mucilago de café, la concentración mínima fue de 0.12 mg/L con un impresionante porcentaje de remoción del 97.93%. La muestra combinada mostró una concentración mínima de 0.07 mg/L con un alto porcentaje de remoción del 98.79%.

Estos resultados indican que, en general, el uso de mucilago de café es altamente eficiente en la remoción de estos metales, especialmente cuando se combina con pepa de palta. Además, se evidencia que el aumento del tiempo de tratamiento conduce a una mejor remoción de los contaminantes en todas las muestras.

#### REFERENCIAS

- [1] Cabana, R. (2022). (“Comparación de la eficiencia de los bioadsorbentes semilla de palta ...”) [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de Moquegua]. [https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/310/D095\\_71658168\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/310/D095_71658168_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [2] Campos Ventura, J. L. (2016). Evaluación de la capacidad del MIL-101(Cr) para la remoción de Ni (II) y Co (II) en solución acuosa. Repositorio de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.
- [3] Rosales, D., y Quevedo, A (2019). Adsorción con carbón activado obtenido de la semilla de aguaje para la remoción de Plomo y Cromo en agua contaminada. [Universidad Nacional de callao].
- [4] Carvajal, L. y Marulanda, L. (2020). “Uso de residuos de café como biosorbente para la remoción de metales pesados en aguas residuales,” Ingenierías USBMed, 11(2), 44-55.

<https://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/4477/4836>.

- [5] Tejada, C., Villabona, Á., y Garcés, L. (2014). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecnológicas* 18(34), 109–123. <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v18n34/v18n34a10.pdf>
- [6] Viñan. (2019). Determinación de plomo en café industrial y artesanal, comercializados en la provincia de Loja. *Ug.edu.ec*. <https://doi.org/BCNAT628VI%C3%91165>
- [7] Grajales, T. (27 de 03 de 2020). Tipos de investigación. Obtenido de <https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>
- [8] Ugarte, M. G. (2017). Beneficios de la semilla de Persea americana Mill. (Palta). *Revista de Investigación e Información en Salud*, 5.
- [9] MINAN, (2010) Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-limites-maximos-permisibles-descarga-efluentes-liquidos>
- MINAN, (2010)
- [10] Viera, N., (2019). Influencia de la temperatura de impregnación del Azufre sobre carbón activado de Persea americana en la adsorción de Plomo, Hierro y Cadmio en soluciones acuosas. [Tesis para optar el título, Universidad Nacional de Trujillo]. [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11547/VieraMoreno\\_N.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11547/VieraMoreno_N.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [11] Preciado, K., (2017). Adsorción de plomo en soluciones acuosas con biomasa residual generada de la semilla de Persea americana, en condiciones de laboratorio. [Tesis para obtener el título, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10819/Preciado%20Alvarado%2C%20Kelly%20Nathaly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [12] Sun-Kou, M., Obregón, D., Pinedo, Á., Paredes, A., Y Aylas, J. (2014). "Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje." ("Tecnologías no convencionales para la remoción de plomo ... - Redalyc") *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(4), 225-236. Recuperado en 10 de mayo de 2023, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2014000400002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000400002&lng=es&tlng=es).