

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



Influencia del tiempo y tamaño de partícula de cáscara de *Musa*

***Sapientum* sobre la disminución de las concentraciones de Pb y**

Zn en efluente minero

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO METALURGISTA**

LINEA DE INVESTIGACIÓN: Tratamientos de residuos mineros y metalúrgicos

AUTOR: Br. Bustos Contreras Royer Moises

ASESOR: Ms. Ing. Hans Roger Portilla Rodríguez

CO ASESOR: Ms. Ing. Lourdes Eulalia Saavedra Chumacero

TRUJILLO – PERÚ

2024

Dedicatoria

Esta investigación es dedicada primordialmente a Dios, a mis progenitores quienes han inculcarme principios, valores, además de confiar en mi persona, respaldando plenamente mi voluntad de superación. Tuvieron credibilidad absoluta en mi capacidad intelectual, depositando su plena confianza en que superaría cada desafío que se me presentaba. A ellos atribuyo mi actual éxito.

Los amo con toda mi vida.

Atte.

Bustos Contreras Royer Moises

Agradecimiento

Gracias a mi universidad y a mi escuela profesional de ingeniería metalúrgica, por haber tenido la grandiosa oportunidad de formarme en ella, mi gratitud a todas las personas que fueron impulsadoras durante mi constante progreso de vida personal y profesional, de forma directa o indirecta, siendo ustedes los encargados de este gran e importante logro para mí, por cada uno de sus pequeños aportes pero muy significativos, los cuales se ven reflejados en la actualidad con la finalización de mi etapa universitaria y de mi crecimiento profesional.

Agradecimiento absoluto a mis progenitores y hermanos, quienes fueron los protagonistas durante esta etapa, mi devoción a Dios, quién motivó y fortaleció mi espíritu para continuar cada día sin desmayar.

Este instante reviste una singularidad que anhelo perdure en la eternidad, no solo en la memoria de aquellos a quienes expreso mi gratitud, sino también en virtud de la colaboración brindada por mi asesor Ms. Hans Roger Portilla Rodríguez, quien invirtió su tiempo para echarle una mirada y un seguimiento estricto a mi proyecto de tesis, agradezco de todo corazón y con todo mi ser.

Atte.: Bustos Contreras Royer Moises

Contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Contenido	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
CAPÍTULO I.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Realidad problemática	1
1.2 Antecedentes empíricos	3
1.3 Justificación.....	5
1.4 Marco Teórico	5
1.4.1 Contaminación ambiental.....	5
1.4.2 Aguas residuales.....	6
1.4.3 Plomo	7
1.4.4 Zinc.....	10
1.4.5 Cáscara de <i>Musa Sapientum</i> como bioadsorbente.....	12
1.4.6 Límites máximos permisibles en aguas residuales (LMP)	13
1.4.7 Calidad ambiental del agua	15
1.4.8 Modelos teóricos en la bioadsorción	17
1.5 Problema.....	21
1.6 Hipótesis	21
1.7 Objetivos.....	21
1.7.1. Objetivo general	21
1.7.2. Objetivos específicos.....	21
CAPÍTULO II.....	22
2. Materiales y Métodos.....	22
2.1. Materiales.....	22
2.1.1. Material de estudio	22
2.1.2. Materiales consumibles, reactivos y equipos.....	22
2.2. Método.....	23
2.2.1. Modelo experimental	23
2.3. Procedimiento experimental.....	25
CAPÍTULO III.....	27
3. Resultados y discusión	27
3.1. Remoción del Pb con cáscara de <i>Musa Sapientum</i>	27

	v
3.1.1. Porcentaje y capacidad de remoción para el Pb	27
3.1.2. Efecto del tiempo de tratamiento de la cáscara de <i>Musa Sapientum</i> en la eliminación de plomo.....	29
3.1.3. Efecto del tamaño de partícula de la cáscara de <i>Musa Sapientum</i> en la eliminación de plomo	31
3.1.4. Efecto de la interacción entre el tamaño de partícula de la cáscara de <i>Musa Sapientum</i> y el tiempo de tratamiento en la eliminación de plomo	32
3.1.5. Isotermas para la remoción de Pb	36
3.2. Remoción de Zn con cáscara de <i>Musa Sapientum</i>	38
3.2.1. Porcentaje y capacidad de remoción para el Zn.....	38
3.2.2. Efecto del tiempo de tratamiento de la cáscara de <i>Musa Sapientum</i> en la remoción de zinc (Zn).....	40
3.2.3. Impacto del tamaño de partícula de la cáscara de <i>Musa Sapientum</i> en la remoción de zinc (Zn).....	42
3.2.4. Influencia de la interacción entre el tamaño de partícula de la cáscara de <i>Musa Sapientum</i> y el tiempo de tratamiento en la eliminación de zinc	43
3.2.5. Isotermas para la remoción de Zn.....	48
CAPÍTULO IV.....	50
4. Conclusiones y recomendaciones	50
4.1. Conclusiones.....	50
4.2. Recomendaciones	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS FOTOGRÁFICOS	57
APÉNDICE A.....	59
APÉNDICE B.....	63

RESUMEN

El propósito de la investigación consistió en evaluar el impacto del tamaño de partícula y el tiempo de tratamiento de la cáscara de *Musa Sapientum* en el proceso de remoción de metales pesados, el objetivo fue disminuir concentraciones de Pb y Zn, de un efluente de flotación.

Se realizaron 27 pruebas experimentales, implantándose un diseño experimental de modelo 2^2 y 3 repeticiones, considerando el tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* y el tiempo de tratamiento como factores influyentes, y los porcentajes de remoción de Pb y Zn como variables de respuesta. En base a esta investigación, en la cual se trabajó con tamaños de partícula de 100 % - m#10, 100 % - m#30 y 100 % - m#50, y tiempos de tratamiento de 10 min, 30min y 60 min; se pudo concluir que la mejor eficiencia de remoción de Pb y Zn, se logra con partículas de 100 % - m#50 y una duración de tratamiento de 60 min, obteniendo porcentajes de remoción de 55,1 % Pb y 30,8 % Zn.

Palabras clave: *Musa Sapientum*, flotación, adsorción, efluente, iones, lignocelulósico, isothermas.

ABSTRACT

The purpose of the research was to evaluate the impact of particle size and treatment time of the *Musa Sapientum* shell on the heavy metal removal process; the objective was to reduce concentrations of Pb and Zn from a flotation effluent.

27 experimental tests were carried out, implementing an experimental design of model 2² and 3 repetitions, considering the particle size of the *Musa Sapientum* shell and the treatment time as influential factors, and the removal percentages of Pb and Zn as response variables. Based on this research, in which we worked with particle sizes of 100% - m#10, 100% - m#30 and 100% - m#50, and treatment times of 10 min, 30min and 60 min; It was concluded that the best removal efficiency of Pb and Zn is achieved with particles of 100% - m#50 and a treatment duration of 60 min, obtaining removal percentages of 55,1 % Pb and 30,8 % Zn.

Keywords: Musa Sapientum, flotation, adsorption, effluent, ions, lignocellulosic, isotherms.

CAPÍTULO I

1. Introducción

1.1 Realidad problemática

En el hogaño existe una elevada preocupación debido a la gran polución de los lagos, ríos y mares con efluentes industriales. Son pocos los laboratorios y universidades en el Perú, que cuentan con un tratamiento de masas hídricas con metales pesados, entre ellos se tenemos a: Laboratorio ALS, o Quimpetrol Peru.

En febrero del 2023 se anunció, una optimización en el uso de aguas residuales de Trujillo y Chepén, debido a que, el aumento de la población ocasionó problemas ambientales y de salud, se evaluó una proinversión, para la creación de 9 PTAR. Estos hechos nos dan a notar los problemas medioambientales como la polución de una gran variedad de cuencas hídricas debido a las verticiones de efluentes. Elementos de alto peso molar (metales pesados), son considerados peligrosos en interacción con el medio ambiente, debido a que no pueden descomponerse de forma natural y tienen la capacidad de acumularse, afectando negativamente la biodiversidad de ríos y lagos e incluso causando la muerte de organismos que habitan en estos ecosistemas (OEFA, 2017).

Los metales pesados generalmente son transportados a través del agua, filtración en el suelo y, en algunos casos alarmantes, llega a fuentes de agua potable y cultivos, en la cadena alimentaria y afectando finalmente a los seres humanos. Cuando el cuerpo absorbe cantidades significativas de estos metales pesados, puede ocasionar enfermedades graves como hemorragias nasales, cáncer, neurotoxicidad, nefrotoxicidad, enfermedades cardiovasculares, osteoporosis, erupciones cutáneas, problemas de sistema respiratorio, supresión del sistema inmunológico, enfermedades hepáticas, anemia, lesiones cutáneas, diabetes, entre otras (OMS, 2016).

Las actividades de industria que generalmente son responsables del vertido en altas concentraciones de metales pesados (plomo, hierro, arsénico, etc.), son las fábricas de pinturas, la minería, sobre todo informal, curtiduras de pieles y la actividad de galvanización de metales. Estas concentraciones casi siempre, exceden los límites máximos permitidos por el Ministerio de Medio Ambiente.

El tratamiento de estas aguas contaminadas contempla métodos convencionales como la filtración por membrana, el intercambio iónico o el tratamiento químico con carbón activado, sedimentación y coagulación. No obstante, estos enfoques suelen requerir inversiones tecnológicas, los cuales muchas veces no son económicamente viables.

Diversos estudios de investigación científica se han enfocado en el uso de residuos orgánicos, como materiales adsorbentes para eliminar metales de efluentes con una elevada concentración de metales pesados, esto se logra satisfactoriamente gracias a la estructura química de la cáscara de *Musa Sapientum*, el cual contiene polímeros, pectinas y ligninas, para la absorción química de iones metálicos.

Con la investigación se busca comprender el comportamiento de la adsorción de metales pesados influenciado por el tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* (Plátano), siendo este un residuo alimenticio económico y abundante, en la remoción de plomo y zinc de un efluente que se obtuvo por flotación de minerales, teniendo en cuenta la disponibilidad y el bajo costo de este material. Con esto, se busca encontrar una alternativa económica y respetuosa con el medio ambiente.

1.2 Antecedentes empíricos

Vejarano et al. (2018). Este estudio demostró que la cáscara de *Musa Sapientum* es altamente eficaz en eliminar más del 95% del Pb presente en los medios líquidos mediante el proceso de adsorción, dicho proceso presenta como una alternativa eficaz y amigable con el medio ambiente para eliminar metales del agua contaminada.

Palacios (2019). Durante los análisis de laboratorio se reveló que las muestras de aguas residuales de la empresa contenían concentraciones bajas de metales pesados, por debajo de los límites permisibles. No obstante, los metales causaban notables problemas de corrosión en las herramientas y equipos después de una etapa de limpieza. La cáscara de *Musa Sapientum* se deshidrata y pulverizada tuvo resultados satisfactorios en la remoción de metales pesados en el agua contaminada. La implementación de un filtro con cáscara de *Musa Sapientum* en el Sistema de Tratamiento de Aguas residuales mejoraría la calidad del agua utilizada en los procesos de lavado y reduciría los problemas de corrosión, mostrando el compromiso de la empresa con el medio ambiente.

Gamarra (2020). La cáscara de *Musa Sapientum* se utiliza para purificar el H₂O de los metales pesados como el Pb, Mg y Fe. Se evidenció un intercambio iónico donde la cáscara atrajo los metales pesados del agua contaminada y liberó hierro y manganeso al agua tratada. La cáscara también estabiliza el pH y aumenta la conductividad eléctrica.

Aunque se necesitaría una gran cantidad de cáscaras para purificar lagunas completas, No

este método es económico y se recomienda para aplicarse en vertederos o desagües mineros para reducir la contaminación. Los costos de recolección y aplicación son factibles en comparación con los procesos no orgánicos. Se destaca la importancia de encontrar formas económicas y orgánicas de purificar el agua, considerando que solo un pequeño porcentaje del agua en el planeta es utilizable para el ser humano.

Garcia (2021). En el estudio, se empleó una resina elaborada en base a las cáscaras de plátano y guineo como filtro para disminuir cationes Ni^{2+} , Cr^{6+} y Fe^{3+} y en aguas contaminadas. Se determinó que la Biorresina poseía características de intercambio catiónico débil y mostró mayor afinidad por el cromo hexavalente. Los mejores resultados de reducción se alcanzaron un tiempo de contacto de 90 min y una temperatura de 30°C. A pesar de las interferencias ocasionadas por pigmentos naturales, se resolvieron diluyendo la muestra de agua.

Rojas et al. (2022). El estudio demostró que las aguas de la relavera Santa Catalina contienen niveles elevados de metales pesados, como arsénico, cadmio y zinc, que exceden los Estándares de Calidad del Agua. Se empleó cáscara de plátano pulverizado para eliminar estos metales, logrando una reducción significativa en sus concentraciones. El cadmio tuvo la mayor remoción, seguido por el arsénico y el zinc. No obstante, la concentración final de zinc aún supera los Límites Máximos Permisibles, lo que sugiere la necesidad de un tratamiento adicional como alternativa de remoción, en casos que se utilice la cáscara de plátano pulverizado.

Portilla (2016). Su estudio abordó dos problemas ambientales en Perú: la reducción de residuos sólidos, específicamente las cáscaras de *Musa Sapientum*, y la contaminación de aguas residuales con metales pesados. Se empleó la cáscara de plátano para tratar aguas residuales provenientes de los laboratorios, logrando contrarrestar las elevadas concentraciones de plomo y zinc por debajo de los límites establecidos. Se

determinó que trabajar con malla 200 durante 32 horas permitió la máxima adsorción de metales. Este tratamiento se presenta como una opción factible y económica para eliminar metales pesados de las aguas residuales.

1.3 Justificación

Desde una perspectiva técnica, la justificación de este proyecto de investigación radica en la implementación de métodos y técnicas innovadores de índole natural para el tratamiento de efluentes en la industria minera.

Desde el aspecto medio ambiental se puede reducir los desechos orgánicos reduciendo la contaminación y emplearlo como un bioadsorbente para tratamiento de efluentes mineros.

En lo económico debido al bajo coste del tratamiento aportaría con un desarrollo sostenible.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Contaminación ambiental.

Este concepto hace mención a la incorporación de sustancias o energía que perturba el equilibrio del medio ambiente. Para que haya contaminación, la cantidad de sustancias contaminantes debe ser lo suficientemente alta como para causar dicho desequilibrio. El crecimiento poblacional, la concentración en áreas urbanas y el desarrollo industrial resultan en problemas ambientales, como la existencia de elementos no comunes de origen humano en el entorno natural, alterando los ecosistemas y provocando posibles efectos dañinos en la biosfera (Contaminación ambiental, 2019)

Causantes de la contaminación:

Los elementos contaminantes están categorizados en vertientes biológicos, físicos y químicos. Entre los contaminantes químicos, figuran aquellos que tienen su origen en

Este documento es propiedad de la Universidad de Ingeniería y Tecnología. No se permite su reproducción, distribución o uso comercial sin el consentimiento expreso de la Universidad. No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

la industria química y poseen potenciales productos nocivos, tales como productos tóxicos minerales, disolventes orgánicos, pesticidas, sustancias ácidas, álcalis, fertilizantes sintéticos, entre otros. Un contaminante físico abarca perturbaciones como ruido, calor y radioactividad. En cuanto a un contaminante biológico, se refieren a residuos orgánicos que cuando se descomponen, generan contaminación, incluyendo excrementos, sangre y desechos provenientes de fábricas y sistemas de desagüe. (Environmental Pollution and Health Effects, 2020).

Efectos en la contaminación:

Las consecuencias se evidencian mediante cambios en los ecosistemas, la aparición y propagación de seres vivos con enfermedades, la mortalidad masiva e incluso la extinción de especies animales y vegetales. También se observa la afectación en los seres humanos del sistema reproductivo, una degeneración de la calidad de vida, impactando negativamente el aire limpio, el agua pura, las zonas recreativas y el disfrute de la naturaleza, entre otros aspectos.

1.4.2 Aguas residuales.

Estas aguas han experimentado alteraciones en sus características originales debido a acciones humanas y, debido a su calidad, necesitan ser tratadas antes de reutilizarse, verterse en cuerpos de agua naturales o ser liberadas al sistema de alcantarillado. (Wastewater Treatment – Overview, 2021)

Aguas residuales industriales:

Estas aguas se generan como resultado de diferentes procesos de producción, que pueden incluir actividades mineras, agrícolas, energéticas, agroindustriales, entre otras. (Water Pollution and Agriculture, 2021).

Aguas residuales domésticas:

Dícese de aguas residuales provenientes de actividades de comercialización y residencias que incluyen desechos generados por las diversas actividades humanas además de restos fisiológicos, los cuales deben ser adecuadamente tratados y eliminados de manera apropiada. (Domestic Wastewater Treatment, 2021)

Aguas residuales municipales:

Son incorporadas en sistemas de alcantarillas de tipo conjugado y se refieren a las aguas residuales domésticas, combinadas con aguas residuales y/o pluviales con un tratamiento previo. (Combined Sewer Systems, 2021)

1.4.3 Plomo.

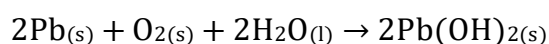
Elemento metálico de tonalidad gris azulada que se halla ampliamente disperso sobre la superficie terrestre, tanto de una manera natural como resultado de su utilización en la industria (Cobalto, 2021).

Las partículas de Pb se emiten al aire desde fuentes naturales y actividades humanas, y se sitúan en diversas superficies como alimentos, agua, suelo y polvo. Si el polvo contaminado llega a las cosechas, especialmente cuando se usan fertilizantes con residuos cloacales, los alimentos pueden contener plomo. Las plantas también pueden absorber plomo del suelo, especialmente en áreas cercanas a vertederos peligrosos o con mucho tráfico vehicular. En el agua, las principales fuentes de plomo son por vertimientos de efluentes sin algún tipo de tratamiento previo, las soldaduras en edificaciones, así como el polvo y el suelo transportados a través del viento y la lluvia. Las partículas de Pb que se propagan en el aire a raíz de distintas fuentes y se depositan el material particulado (polvo) en el suelo, los alimentos, el agua, polvo, y el agua. El Pb se conduce a través del

aire gracias a las actividades humanas y a por medio los volcanes activos. Las bebidas y

las sustancias alimenticias pueden contener Pb, sobre todo si el material particulado que contiene Pb se pone en contacto con las cosechas cuando están en crecimiento, más aún cuando se usen los fertilizantes ya que estos poseen los denominados fangos cloacales. La flora tiene la capacidad de absorber el Pb presente en el suelo, ya sea de zonas cercanas a un intenso tránsito vehicular o lugares donde existan desechos peligrosos. Las principales fuentes de liberación de Pb al agua incluyen los accesorios y las tuberías de Pb, además de las estructuras soldadas tanto en viviendas como centros de educación. Los suelos y materiales particulados con altas concentraciones de Pb pueden ser transportados al agua por la acción del viento y las lluvias. También contribuye a la presencia de Pb en el agua la descarga de aguas residuales provenientes de industrias que utilizan este metal. (Lead in Drinking Water, 2021).

Con reacción química que se produce con el H₂O en condiciones normales, el Pb exhibe una reactividad limitada con el agua; no obstante, al exponerse al aire húmedo, su capacidad de reacción con el H₂O se intensifica. Para que el Pb experimente la transición hacia un Pb(OH)₂, se forma una fina capa de PbO sobre la zona superficial del metal; cuando interactúa con H₂O y O₂ se crea el Hidróxido de Plomo.



Enfermedades causadas por el Plomo:

El Pb entra en la sangre y se acumula en dientes, huesos, tejidos y órganos. La exposición prolongada ha llegado a causar daños irreversibles en los sistemas nerviosos, primordialmente en el cerebro, además de causar retrasos en el desarrollo y cambios en el comportamiento en los seres vivos durante su niñez, disminución de glóbulos rojos, es decir la anemia, dificultad auditiva, daños en los sistemas reproductivos, enfermedades renales, epilepsia y coma. Los niños son más vulnerables, mostrando retraso en el

desarrollo, dificultades de aprendizaje, problemas de comportamiento, alteraciones del lenguaje, capacidad auditiva y episodios recurrentes de anemia, vómitos y dolor abdominal. (Lead Toxicity and Its Neurological Implications, 2021).

Tabla 1

Efectos del Pb en el torrente sanguíneo

Efectos	Nivel del plomo en la sangre (mcg/dL)
Encefalopatía: Daño severo del cerebro	100
Cefaleas, cambios abruptos en el carácter, dificultades de retención de información y concentración, trastornos del sueño.	60-70
Anemia	60
Malestares abdominales, estreñimiento, pérdida o disminución del apetito y diarrea.	50-70
Problemas en el sistema reproductivo masculino y daño renal.	50
Daños en el riñón y problemas en sistemas reproductivos de varones.	40
Ralentización de los reflejos.	30
Impactos adversos en el feto y aumento de la presión arterial.	10-15

Nota. La fuente es Toxicological, Profile, for, Lead, <http://www.state.ma.us/dos/lead/docs/Lead-plomo.htm>

Influencia medioambiental de Pb en el Agua:

El Pb y sus compuestos son considerados como un contaminante altamente tóxico, especialmente cuando está presente en compuestos orgánicos y sales de Pb II. Estas sustancias representan un riesgo significativo para la salud, especialmente cuando están presentes en el agua. Las plantas tienen la capacidad de absorber grandes cantidades de plomo del suelo, lo que puede afectar negativamente su crecimiento y permitir que el plomo se transmita a través de la cadena alimentaria. La utilización de pesticidas de plomo está prohibida en muchos países debido a sus efectos nocivos. Además, el Pb se acumula

en organismos, sedimentos y fangos. Existen múltiples isótopos de plomo, algunos estables y otros inestables (Lead Contamination in the Environment: A Review, 2019)

1.4.4 Zinc.

Metal, que, aunque no existe una categorización estrictamente como metal de transición, muestra propiedades similares con el berilio y con el magnesio, así como con otros elementos de su grupo. Tiene una apariencia brillante y color blanco azulado, es moderadamente duro y tiene una excelente capacidad para conducir la electricidad y el calor. Además, cuando existe la deformación plástica en frío presenta alta resistencia, aunque esta decrece a altas temperaturas, lo que requiere que se lo lamina por encima de los 100°C (Zinc, 2021).

Zinc como contaminante:

El zinc se introduce en el ambiente por procesos naturales y actividades humanas. La minería, refinación de minerales y producción de acero liberan zinc al aire y agua. Desagües industriales, domésticos y suelos con zinc también contaminan corrientes de agua. El zinc se presenta en partículas de polvo en el aire, depositándose en tierra y agua con la lluvia y nieve. En ríos y lagos, este metal es depositado en el fondo y puede permanecer disuelto o en partículas finas. Los peces pueden absorberlo del agua y alimentos, y dependiendo del suelo, puede llegar a aguas subterráneas. Aunque es esencial en pequeñas cantidades para los animales, en grandes cantidades puede contaminar el agua potable y tener efectos dañinos en los seres vivos (Agency for Toxic Substances and Disease Registry “ATSDR”, 2005).

Reacción del Zn en contacto con H₂O:

Este elemento no interactúa con moléculas de H₂O. El Zn²⁺ forma capas insolubles y protegidas de hidróxido de zinc (Zn (OH)₂), como se ilustra a continuación.



En el siguiente mecanismo de reacción el zinc experimenta una reacción con los iones H^+ .



En dicha reacción, se desprende H^+ , el cual se combina vigorosamente con el oxígeno.

Cuando las concentraciones de sales de cinc en el agua son elevadas, se produce una opacidad en el líquido. Además, el cinc aporta un sabor desfavorable al agua. Este fenómeno ocurre en base una concentración de 2 mg de Zn^{2+} .

Enfermedades causadas por el Zn:

El zinc simboliza problemas para la salud del ser humano si es consumido en exceso o en déficit, por ello es consumir solo lo necesario, presentes en alimentos como las ostras o las carnes rojas. A continuación, se exponen ciertos problemas a la salud como resultado de un consumo no adecuado. (ODS, National Institutes of Health, 2021).

- Proceso lento de cicatrización de heridas
- Disminución del sentido del gusto
- Disminución del apetito
- Puede tener impactos en el sistema inmunológico
- Disminución de la actividad enzimática en niños.

Influencia medioambiental del zinc en el H_2O :

El Zinc, aunque no representa un riesgo significativo para el agua en su forma elemental, puede volverse extremadamente peligroso en algunos derivados como el arseniato y el cianuro de cinc. Si bien es un nutriente importante tanto para humanos como

para animales, su consumo excesivo puede ser perjudicial, ya que se vuelve tóxico por encima de ciertos niveles. En la agricultura, al utilizar lodo de tratamiento de aguas residuales, es necesario mantener las concentraciones de cinc por debajo de ciertos límites para evitar impactos negativos en el medio ambiente (Oliva, M., & Bosch, A. C; 2016).

1.4.5 Cáscara de *Musa Sapientum* como bioadsorbente.

Una de las frutas con valiosas propiedades nutricionales y medicinales, es el banano, además de la versatilidad en diversas aplicaciones de este fruto, como el tratamiento de purificación del agua, la fabricación de plásticos e incluso la alimentación ganadera, gracias a su cáscara. El término "banano" engloba diversas plantas herbáceas pertenecientes al género *Musa*, conocido en el Mediterráneo, a partir del año 650 D.C., sin embargo, es originario de Asia meridional. Su cultivo se ha propagado en muchas regiones tropicales y está ubicado en el 4º lugar como cultivo de mayor importancia a escala mundial. Se sabe que, en el Caribe y otros países latinoamericanos, son los principales productores de banano para el comercio internacional, contribuyendo así a la base alimentaria de numerosas áreas tropicales. Además, en el sudoeste asiático el banano juega un papel fundamental en los ambientes que son cálidos y húmedas. (Giraldo, et al,2017)

Composición química de la cáscara de *Musa Sapientum*:

Tiene la facultad de convertir aproximadamente el 90% de su almidón en azúcares alrededor de 12 días después de su recolección, llegando a contener hasta un 14,6% de azúcares en estado seco. Asimismo, posee un contenido de fibra del 13% en estado seco, siendo los componentes principales 60% de lignina, 15% de hemicelulosa y 25% de celulosa. (Ravi, et al; 2016).

Además de estas cualidades, la cáscara de *Musa Sapientum* exhibe propiedades de adsorción que le permite la extracción de los metales pesados en forma de ión del H_2O y otros parámetros asociados con este proceso. Esta capacidad de adsorción se debe en gran medida a la presencia de lignina en la cáscara. Las ligninas son polímeros insolubles de alto peso molecular, formado por la unión de diversos ácidos y alcoholes fenilpropílicos. Estructuras tridimensionales son el resultado de la combinación aleatoria de estos radicales, generando polímeros amorfos. (El-Sayed, et al-, 2021).

1.4.6 Límites máximos permisibles en aguas residuales (LMP).

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) son indicadores utilizados para medir la concentración de sustancias, elementos, y parámetros biológicos, químicos y físicos, existentes en los efluentes o emisiones generados por diversas actividades productivas, tales como la industria, minería, generación de electricidad y pesquería. Estos límites están definidos en el artículo 32° de la Ley General del Ambiente y sirven como puntos de referencia para contrarrestar los daños ocasionados al medio ambiente y los seres humanos.

Es fundamental establecer los LMP, los cuales están definidos por los ECA, de ello se encarga el Ministerio del Ambiente, es obligatorio cumplir con estos LMP, tanto para este organismo como para todos aquellos que forman parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Se aplican criterios de supervisión y subsanación para garantizar el respeto de estos límites. Es imperativo que se implementen nuevos instrumentos para evitar que se sobrepase la capacidad de carga de los ecosistemas, según las normativas correspondientes.

Adicionalmente, en el país existen leyes vigentes de los Límites Máximos Permisibles en áreas como Saneamiento Producción, Transportes y Comunicaciones, Vivienda, Energía, Construcción y Minas. Todo esto contribuye a una gestión ambiental

Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

más eficiente y responsable en diversas áreas de actividad. (Ministerio del Ambiente, 2021).

Tabla 2

Parámetros de agua para diferentes usos.

ParámetroS (mg /L)					Fuente de			
	Ríos uso en riego agrícola		Ríos uso público urbano		Aguas Naturales (EPA 1986)	Riego agrícola (SEDUE 1989)	abastecimiento de agua potable (SEDUE 1989)	Recreativo e Industrial (SEDUE 1989)
	Promedio mensual	Promedio diario	Promedio mensual	Promedio diario				
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.05	0.1	0.05	-
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.01	0.01	0.01	0.01
Cobre	4	6	4	6	1.5	0.2	1	0.1
Cromo	1	1.5	0.5	1	0.1	1	0.05	0.1
Mercurio	0.01	0.02	0.01	0.01	0.002	-	-	-
Níquel	2	4	2	4	0.632	0.2	0.01	-
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.0015	5	0.05	0.1
Zinc	10	20	10	20	5	2	5	-

Nota. La fuente es gracias a su autor Padilla Sobrados, José A.

Tabla 3

Valores máximos admisibles en aguas residuales.

Elementos	Unidad de medida	Expresión	VMA para descargar al sistema de alcantarillado.
Temperatura	°C	T	<35
Sólidos sedimentables	mg/L	S.S.	8,5
pH	Unidad	pH	6,5-8,5
Nitrógeno amoniacal	mg/L	NH ⁴⁺	80
Zinc	mg/L	Zn	10
Sulfuros	mg/L	S ⁻²	5
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ²⁻	500
Plomo	mg/L	Pb	0,5
Níquel	mg/L	Ni	4
Mercurio	mg/L	Hg	0,02
Manganeso	mg/L	Mn	4
Cromo total	mg/L	Cr	10
Cromo hexavalente	mg/L	Cr ⁺⁶	0,5
Cobre	mg/L	Cu	3
Cianuro	mg/L	CN ⁻	1
Cadmio	mg/L	Cd	0,2
Boro	mg/L	B	4
Arsénico	mg/L	As	0,5
Aluminio	mg/L	Al	10

Nota. La fuente es de SEDAPAL.

1.4.7 Calidad del agua, según SGA.

En concordación con el artículo 113, que abarca la calidad ambiental, se establecen los siguientes deberes y objetivos para la gestión ambiental:

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Todas las personas naturales o jurídicas, tanto públicas como privadas, tienen la responsabilidad de apoyar activamente en la prevención, el control y la restauración del medio ambiente.

Los fundamentos de la gestión ambiental son los siguientes:

a. Estimular el avance de la investigación a nivel científico y tecnológico, la transferencia de información y recursos, y difundir experiencias de éxito a manera de incentivar.

b. Los factores de riesgo deber ser identificados y gestionados para prevenir que afecten la calidad del medio ambiente y sus componentes.

c. Prevención, control y mitigación de los riesgos y algún posible daño ambiental asociados con la actividad humana.

d. Rehabilitar las áreas o zonas que hayan sufrido degradación o daño debido al incremento de polución.

e. Prevención, control, delimitación y tratar de contrarrestar, en caso necesario, actividades que puedan tener efectos considerables, perjudiciales o peligrosos para el medio ambiente, especialmente cuando representen un riesgo para la vida de los seres humanos.

f. Salvaguardar, preservar, y la restauración, según sea necesario, la calidad del agua, aire, suelo y otros elementos del entorno. Esto incluye la identificación y gestión de los factores de riesgo que puedan afectarlos. (Ministerio del Ambiente, 2021).

1.4.8 Modelos teóricos en la bioadsorción.

1.4.8.1. Isotermas de la bioadsorción.

En un sistema simple, es posible obtener curvas de equilibrio que describan la interacción entre las diferentes concentraciones iniciales de soluto en el estado líquido y la concentración de soluto adsorbido. Esta gráfica de segundo orden, generalmente obtenida a una temperatura específica, son las denominadas como isotermas de adsorción.

Las isotermas de adsorción refleja el comportamiento de equilibrio entre el soluto adsorbido y el soluto original en estado líquido a una determinada temperatura. Cuando se trata de gases, la concentración se expresa comúnmente como presión o parcial fracción molar, mientras que, para líquidos, la concentración suele expresarse en ppm.

El resultado del proceso de adsorción, se puede inferir que la concentración del soluto en el fluido decrece desde su C_0 hasta alcanzar un valor final en el equilibrio. La capacidad de adsorción (q_e) del adsorbente se calcula mediante la ecuación:

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{w} * V$$

Dónde: q_e : masa del soluto adsorbida por una determinada masa del adsorbente, V : volumen de solución, w : es la cantidad de adsorbente, C_e : Concentración de adsorbato en el equilibrio y C_0 : concentración inicial de adsorbato.

El término $(C_0 - C_e) * V$, simboliza, la masa del adsorbato ya adsorbido. (Foo, K. Y., & Hameed, B. H; 2010).

- **Modelo Lineal:** Este enfoque se utiliza típicamente en casos donde la concentración de un gas en estado líquido es reducida, y la absorción del gas por el líquido exhibe un comportamiento lineal respecto a la presión parcial. Es esencial destacar que la

situaciones donde la concentración del gas en estado líquido es elevada o existe una interacción significativa entre las moléculas del gas y el líquido.

$$q_e = K * C_e$$

- **Modelo Freundlich:** Emplea extensamente para explicar la adsorción en sistemas complejos y se utiliza en diversos ámbitos, como la química de superficies, la adsorción de contaminantes en suelos y la adsorción en materiales porosos.

$$q_e = K * C_e^{1/n}$$

Linealizando la ecuación se forma:

$$\log(q_e) = \log(K_f) + \frac{1}{n} \log(C_e)$$

- **Modelo Langmuir:** Induce que el proceso de adsorción ocurre en sitios específicos y que la adsorción de una molécula no afecta la probabilidad de adsorción de otra en sitios cercanos.

Aunque simplificado, el modelo de Langmuir ha demostrado ser útil en la comprensión de la adsorción en muchas aplicaciones, como la adsorción de gases en sólidos porosos o la adsorción de solutos en interfaces líquido-sólido.

$$q_e = q_{max} * \frac{C_e * b}{1 + b * C_e}$$

1.4.8.2. Cinéticas de la adsorción.

A través del análisis de las isothermas de adsorción, se deduce que, en un sistema determinado de soluto-adsorbente, se determina el grado de separación alcanzable y con respecto a las concentraciones del soluto se obtiene la sensibilidad del proceso. El

conocimiento acerca de la eficacia cinética del proceso de adsorción es esencial para obtener una comprensión integral del mismo. El análisis cinético proporciona detalles sobre la retención de solutos y permite calcular el tiempo de residencia indicado para llevar a cabo la adsorción. En términos generales, la cinética de adsorción desempeña un papel crucial en la evaluación de la eficiencia de los sistemas de adsorción.

La velocidad efectiva de la adsorción se ve influida tanto por las condiciones operativas (flujo, temperatura, composición y presión) como por la configuración del sistema (intermitente, columna, etc.) y el tamaño del equipo donde se llevará a cabo la operación. Estos estudios incluyen la comprensión de los mecanismos de transporte.

Los modelos que consideran la difusión a través de la capa líquida que rodean las partículas adsorbentes en la cáscara de *Musa Sapientum* se dividen en tres etapas consecutivas:

- Difusión a través de la capa líquida circundante a las partículas adsorbentes (difusión externa).
- Difusión a través del líquido presente en los poros y/o en las paredes de los poros (difusión interna).
- Adsorción-desorción del adsorbato en los sitios activos del adsorbente. (M. I. El-Khaiary, 2006).

Tabla 4*Modelos cinéticos de adsorción.*

Modelos Cinéticos	Ecuaciones	Unidades
Pseudo–Primer Orden	$q_t = q_e(1 - e^{-kt})$	$k_1: \text{min}^{-1}, q_e \text{ mmol/g}$
Pseudo – Segundo Orden	$q_t = \frac{q_e^2}{(k_2 * q_e) + (q_e^2 - t)}$	$k_2: \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, q_e: \text{mmol/g}.$
Ecuación de Elovich	$q_t = \frac{1}{\beta} * \log(\alpha, \beta) + \frac{1}{\beta} * \log(t)$	$\alpha: \text{mg} \cdot \text{mmol}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \beta: \text{g/mg}$
Difusión Intraparticular	$q_t = k * \sqrt{t}$	La const. de difusión: k

1.4.8.3. Efluente minero.

El efluente minero es el agua que se libera o fluye desde una operación o instalación minera, después de entrar en contacto con minerales y rocas durante el proceso de extracción o tratamiento de minerales. Este efluente puede contener diversas sustancias disueltas o suspendidas, como metales pesados, productos químicos, sedimentos y otros contaminantes relacionados con la actividad minera.

Si el efluente minero no es tratado adecuadamente antes de ser descargado al medio ambiente, puede tener un impacto ambiental importante, ya que puede contaminar cuerpos de agua cercanos, afectar la calidad del agua potable y ocasionar daños en masas acuáticas y terrestres. Por consiguiente, la gestión y el tratamiento adecuados del efluente minero son elementos esenciales para reducir los impactos ambientales negativos y

asegurar el cumplimiento de los estándares ambientales y regulaciones (García, et al, 2019).

1.5 Problema

¿En qué medida influye el tiempo de tratamiento y tamaño de partícula de cáscara de *Musa Sapientum* sobre la disminución de las concentraciones de Pb y Zn en efluente minero?

1.6 Hipótesis

A medida que incrementa el tiempo de tratamiento y disminuye el tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* en contacto con el efluente minero, disminuirán las concentraciones Pb y Zn significativamente.

1.7 Objetivos

1.7.1. Objetivo general.

Determinar la influencia del tiempo de tratamiento y el tamaño de partícula de cáscara de *Musa Sapientum* sobre la disminución de las concentraciones elevadas de Pb y Zn en efluente minero.

1.7.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar al efluente minero mediante análisis por absorción atómica.
- Determinar el tiempo de tratamiento adecuado del efluente con cáscara de *Musa Sapientum* para una mayor adsorción de Pb y Zn.
- Determinar el tamaño de partícula indicado de la cáscara de *Musa Sapientum* para la mejor adsorción de Pb y Zn.
- Obtener porcentajes de remoción para Pb y Zn.
- Realizar una comparación de los resultados hallados con los LMP establecidos en la normativa peruana.

CAPÍTULO II

2. Materiales y métodos

2.1. *Materiales*

2.1.1. Material de estudio.

El material de estudio es un efluente obtenido de pruebas de flotación de minerales, el cual fue almacenado en un recipiente de 30 L, del cual se extrajo una muestra de 50 ml para un análisis por Absorción atómica. Los metales pesados predominantes en el efluente se describen en la tabla 2.

Tabla 2

Concentraciones iniciales de metales pesados presentes en el efluente.

Elemento	Cu	Pb	Zn	Fe
Concentración (ppm)	21,78	50,39	120,58	2740,89

Nota. La fuente de estos resultados es la empresa MYC LABORATORIO S.A.C.

2.1.2. Materiales consumibles, reactivos y equipos.

a) Material de Laboratorio

- Luna de reloj
- Espátula de 3 pulgadas.
- Efluente: 30 L.
- 10 bandejas
- Potenciostato para medir pH
- Vasos de 250 ml
- Fiolas de 200 ml

b) Reactivos

- Hidróxido de Potasio
- Cal (CaO)

c) Equipos y accesorios

- Celda unitaria de flotación tipo Denver D-13
- Molino de bolas de 1 Kg
- Estufa de secado 105 °C
- Ro-tap E 5 9 9 9 6 – 6 8
- Espectrofotómetro de Absorción atómica de la marca: Perkin Elmer
AAnalyst.
- Balanza analítica Metler Toledo.
- Balanza de electrónica Henkel.

2.2. Métodos

La metodología fue inductivo-deductivo, para el desarrollo de las pruebas experimentales está basada en procedimientos recogido de las referencias bibliográficas citadas en las respectivas secciones, así como ensayos previos preexperimentales y experimentales llevados a cabo con el fin de determinar la influencia de las variables independientes sobre las dependientes. El detalle de cada etapa se describe en las secciones subsiguientes.

2.2.1. Modelo experimental.

Variables independientes

- Tiempo de tratamiento (min): 10, 30 y 60
- Tamaño de partícula de *Musa Sapientum* (um): 100 % - m#10, 100 % - m#30 y 100 % - m#50.

Variables dependientes

- % Remoción de Pb.
- % Remoción de Zn.

Variables paramétricas

- Volumen de efluente para cada prueba: 1L
- Cantidad de cáscara de *Musa Sapientum*: 2 g para cada prueba.
- Velocidad de agitación: 500 rpm
- pH del efluente: 5

Se realizaron 3 réplicas con cada tiempo de tratamiento y tamaño de partícula por elemento, por lo tanto, se han realizado 27 pruebas experimentales, como está especificado en la tabla 6.

Tabla 6

Diseño experimental bifactorial para la mayor absorción de Pb o Zn

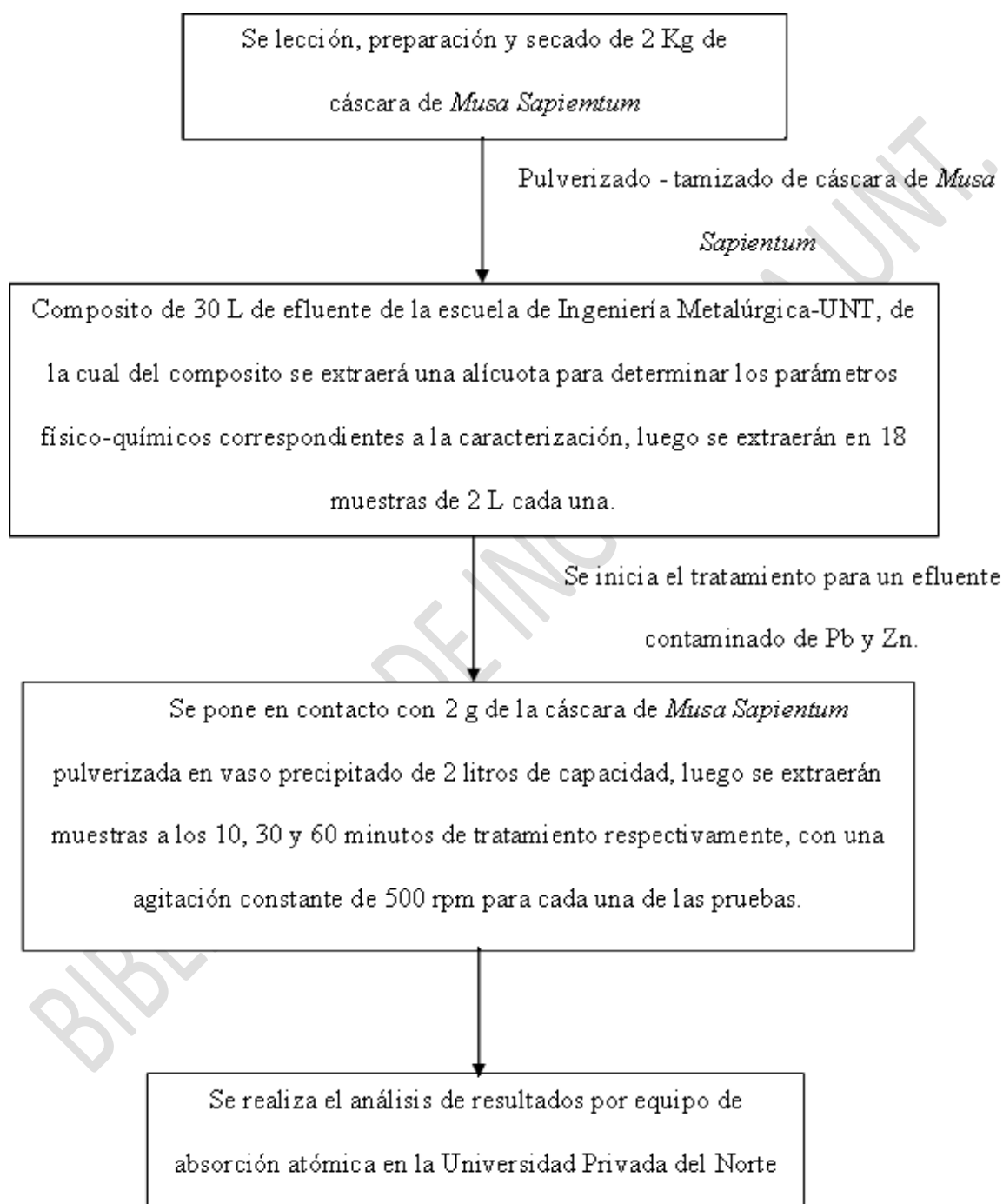
Tamaño de partícula	Tiempo de tratamiento (min)			Totales	Promedio
	10	30	60	y_i	$\hat{Y}_i$
100% -m#10	$Y_{111}, Y_{112}, Y_{113}$	$Y_{121}, Y_{122}, Y_{123}$	$Y_{131}, Y_{132}, Y_{133}$	y_1	Y_1
100% -m#30	$Y_{211}, Y_{212}, Y_{213}$	$Y_{221}, Y_{222}, Y_{223}$	$Y_{231}, Y_{232}, Y_{233}$	y_2	$\hat{Y}_2$
100% -m#50	$Y_{311}, Y_{312}, Y_{313}$	$Y_{321}, Y_{322}, Y_{323}$	$Y_{331}, Y_{332}, Y_{333}$	y_3	$\hat{Y}_3$
Totales Y_j	y_1	y_2	y_3		
Promedio	$\hat{Y}_1$	$\hat{Y}_2$	$\hat{Y}_3$		

2.3. *Procedimiento experimental*

- Se recopiló información relevante referida al tema de investigación.
 - Se pesó una masa 2 kg cáscara de *Musa Sapientum* (plátano seda), a continuación, se lavó y se secó en la estufa a una temperatura constante de 75°C por un tiempo de 120 minutos.
 - Luego la cáscara de *Musa Sapientum* se pulverizará, en consecuencia, al pulverizado la cáscara de *Musa Sapientum* se colocará en tamices de mallas #10, #30, #50, y bandeja para los tamizajes en el rotap.
 - Se tomó una muestra de 30 L de efluente obtenido de las pruebas de flotación y lixiviación del Lab. para procesamiento de minerales y laboratorio de mineralogía de la escuela académico profesional de Ingeniería Metalúrgica - UNT, el compósito se extrajo con una alícuota, se determinó que los parámetros físico-químico correspondientes a la caracterización, luego se separaron en 3 muestras de 1 L cada una, para que se inicie el tratamiento de absorción.
 - El tratamiento consistió en agregar 2 g de cáscara de *Musa Sapientum* debidamente pulverizada para 1 L de cada muestra de efluente que será colocado en vaso de precipitación de 2 litros de capacidad.
 - Para el tratamiento de efluente contaminado con Pb y Zn, se pondrá en interacción con 2 g de la cáscara de *Musa Sapientum* tamizada, luego se extraerán muestras a los 10, 30 y 60 minutos de tratamiento respectivamente, con una agitación constante de 500 rpm para cada una de las pruebas manteniendo el pH constante.
 - Para finalizar se realizó el análisis de soluciones gracias al equipo de absorción atómica en la Universidad Privada del Norte.

Figura 1

Diagrama del procedimiento experimental.



CAPÍTULO III

3. Resultados y discusión

3.1. Remoción del Pb con cáscara de *Musa Sapientum*.

3.1.1. Porcentaje y capacidad de remoción para el Pb.

Se calculó los porcentajes de remoción para cada prueba experimental utilizando concentraciones finales obtenidas mediante absorción atómica. En la tabla 7 se detallan los valores obtenidos de los % de Remoción Pb y de Qe. Asimismo, en la figura 2 y 3 se representa gráficamente la interacción de estos datos con las variables independientes.

Tabla 7

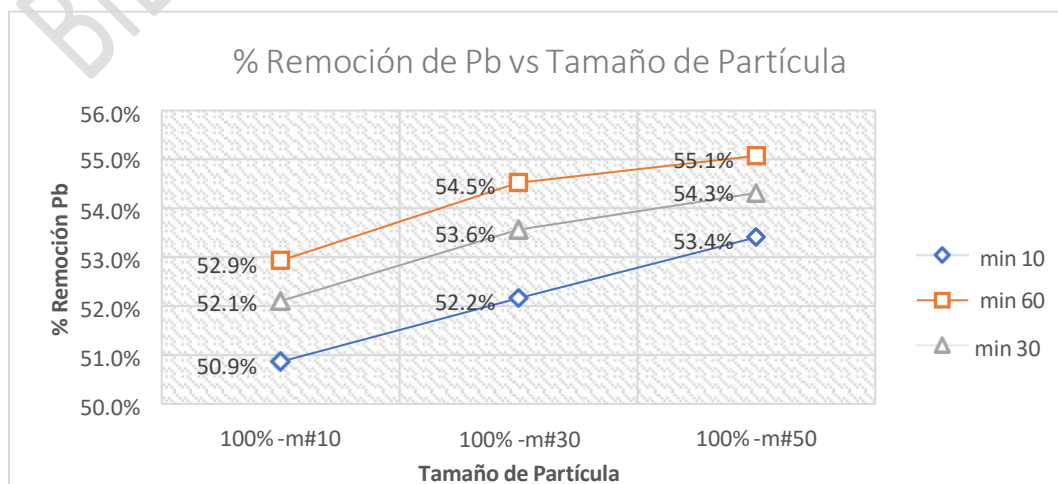
Remoción de Pb (%) y capacidad de adsorción (Qe).

Conc. inicial	Tiempo de Contacto	Malla	Conc. final	Remoción	Qe
mg.L ⁻¹	min	#	mg.L ⁻¹	%	mg/g
50.39	min 10	100% -m#10	24.75	50.89%	12.82
50.39	min 10	100% -m#30	24.09	52.19%	13.15
50.39	min 10	100% -m#50	23.47	53.43%	13.46
50.39	min 30	100% -m#10	24.14	52.10%	13.13
50.39	min 30	100% -m#30	23.41	53.54%	13.49
50.39	min 30	100% -m#50	23.03	54.30%	13.68

50.39	min 60	100% -m#10	23.74	52.89%	13.32
50.39	min 60	100% -m#30	22.93	54.50%	13.73
50.39	min 60	100% -m#50	22.61	55.12%	13.89
50.39	min 10	100% -m#10	24.76	50.86%	12.81
50.39	min 10	100% -m#30	24.12	52.14%	13.14
50.39	min 10	100% -m#50	23.48	53.40%	13.45
50.39	min 30	100% -m#10	24.12	52.14%	13.14
50.39	min 30	100% -m#30	23.38	53.59%	13.50
50.39	min 30	100% -m#50	23.02	54.32%	13.69
50.39	min 60	100% -m#10	23.69	52.99%	13.35
50.39	min 60	100% -m#30	22.90	54.56%	13.75
50.39	min 60	100% -m#50	22.65	55.05%	13.87
50.39	min 10	100% -m#10	24.77	50.84%	12.81
50.39	min 10	100% -m#30	24.10	52.16%	13.14
50.39	min 10	100% -m#50	23.48	53.41%	13.46
50.39	min 30	100% -m#10	24.16	52.06%	13.12
50.39	min 30	100% -m#30	23.41	53.55%	13.49
50.39	min 30	100% -m#50	23.02	54.31%	13.68
50.39	min 60	100% -m#10	23.72	52.92%	13.33
50.39	min 60	100% -m#30	22.92	54.51%	13.73
50.39	min 60	100% -m#50	22.65	55.05%	13.87

Figura 2

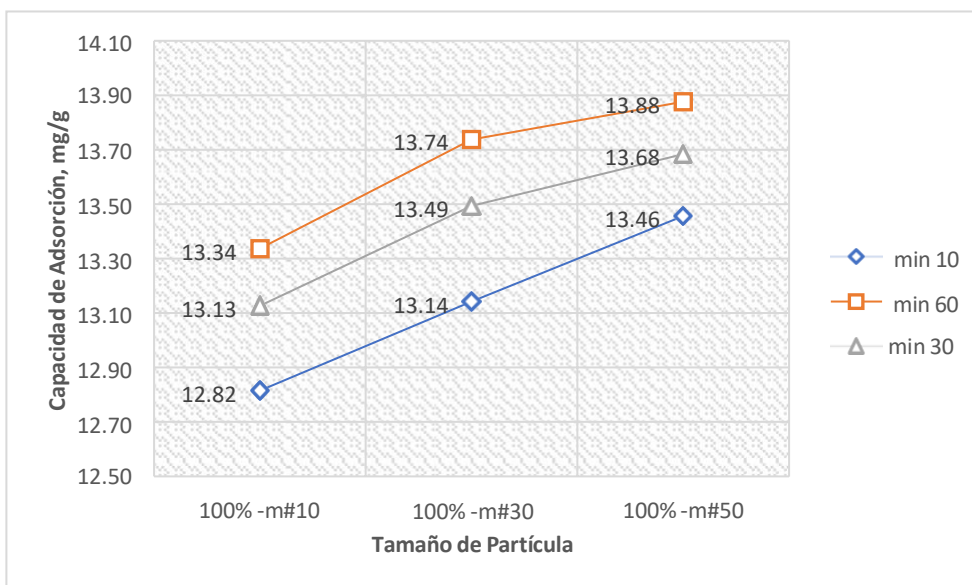
Remoción de Pb según efectos de variables.



Según la figura 3, la capacidad de remoción ha ido en mayor aumento cuando se dio un tratamiento a 60 min, podemos apreciar que aún no se ha llegado a la saturación de las partículas de la tendencia no ha decaído.

Figura 3

Capacidad de absorción de Pb según interacción de variables.



3.1.2. Efecto del tiempo de tratamiento de la cáscara de *Musa Sapientum* en la eliminación de plomo.

Con respecto al efecto del tiempo de tratamiento podemos evidenciar en la tabla 8 que el porcentaje máximo de Remoción calculado de Pb es de 54,18 % a un tiempo de tratamiento 60 minutos, ese dato se comprueba es la figura 4, donde ve observa el % de Remoción influenciado por el tiempo de tratamiento.

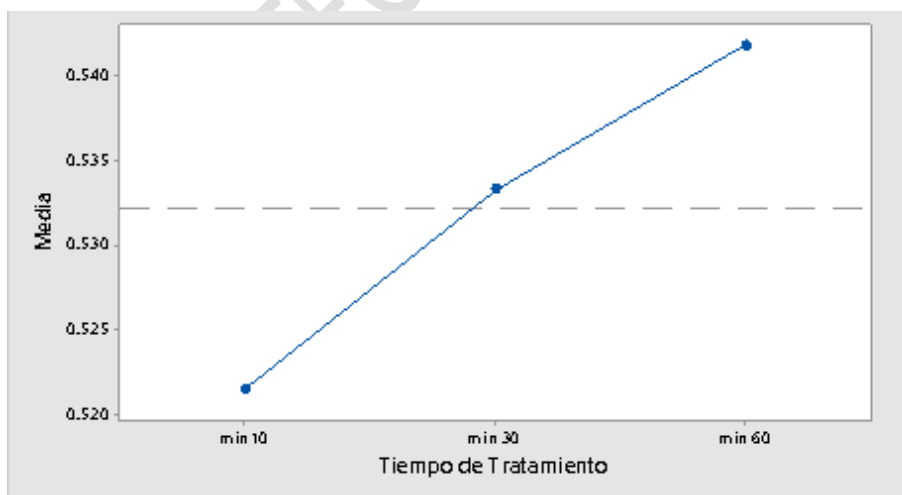
Tabla 8

Promedio de los tiempos de tratamiento de la cáscara de Musa Sapientum para la eliminación de plomo.

Tamaño de partícula	Tiempo de tratamiento (min)		
	10	30	60
100% -m#10	50.86%	52.10%	52.93%
100% -m#30	52.16%	53.56%	54.53%
100% -m#50	53.41%	54.31%	55.07%
Promedio de la remoción de Pb vs tiempo de tratamiento (min)	52.15%	53.32%	54.18%

Figura 4

Representación gráfica de los tiempos de tratamiento de la cáscara de Musa Sapientum (en minutos) en relación con el porcentaje de remoción de plomo.



3.1.3. Efecto del tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* en la eliminación de plomo.

En la Tabla 9 se observa que la máxima remoción de plomo se alcanza con un tamaño de partícula del 100% en la malla #50, durante un tiempo de tratamiento de 60 minutos. La Figura 5 muestra la relación entre el porcentaje de remoción de plomo y el tiempo de tratamiento.

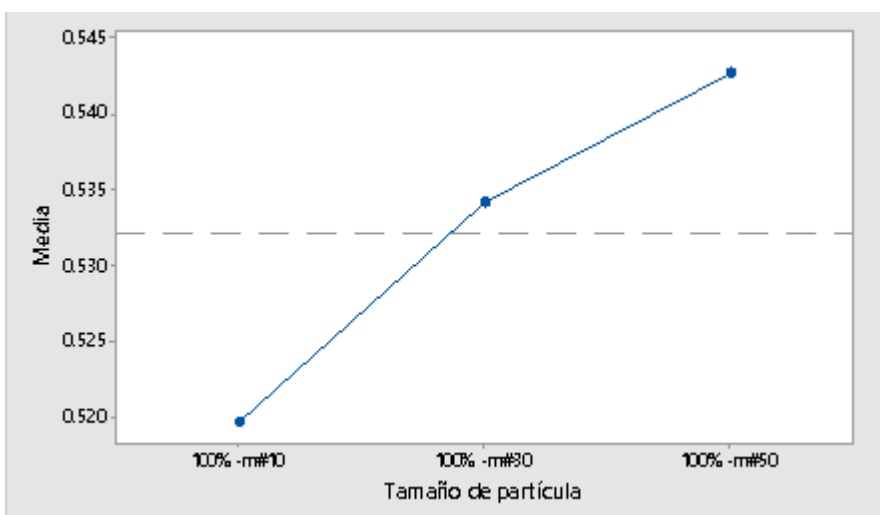
Tabla 9

Promedio de los tamaños de partícula de la cáscara de Musa Sapientum (en porcentaje) en relación con el porcentaje de remoción de plomo.

Tamaño de partícula	Tiempo de tratamiento (min)			Promedio de la remoción de Pb vs tamaño de partícula
	10	30	60	
100% -m#10	50.86%	52.10%	52.93%	51.97%
100% -m#30	52.16%	53.56%	54.53%	53.42%
100% -m#50	53.41%	54.31%	55.07%	54.27%

Figura 5

Representación gráfica del tamaño de partícula de la cáscara de Musa Sapientum (en porcentaje) en relación con el porcentaje de remoción de plomo.



3.1.4. Efecto de la interacción entre el tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* y el tiempo de tratamiento en la eliminación de plomo.

En la Tabla 10 se observa que el porcentaje máximo de remoción de plomo es del 55,07% y se alcanza utilizando un tamaño de partícula del 100% en la malla #50, con un tiempo de tratamiento de 60 minutos.

Tabla 10

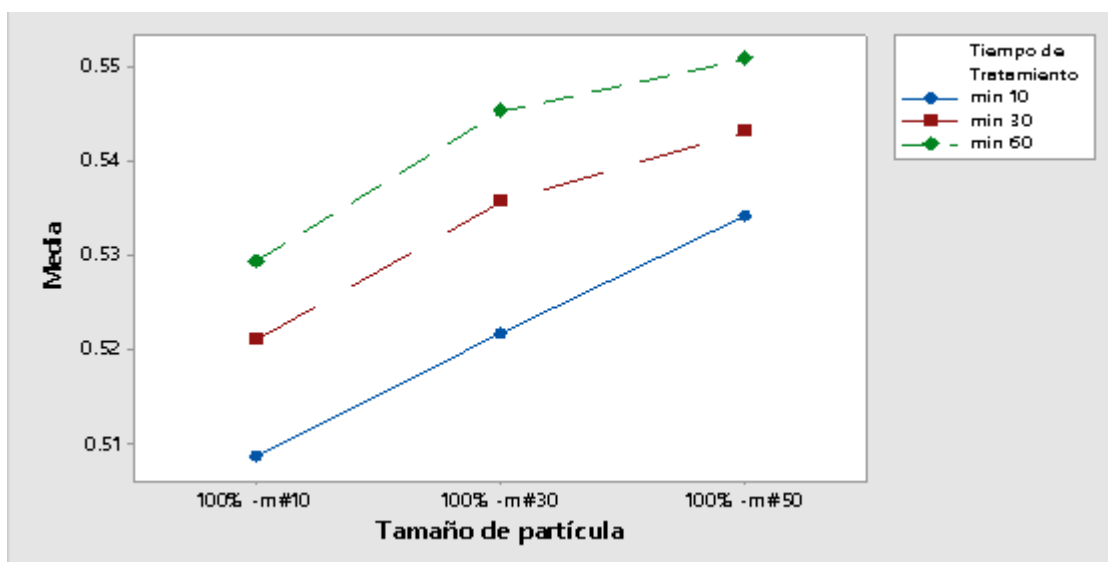
Promedio de los valores de interacción entre el tamaño de partícula de la cáscara de Musa Sapientum (en porcentaje) y el tiempo de tratamiento (en minutos) para el porcentaje de remoción de plomo.

Tamaño de partícula	Tiempo de tratamiento (min)			Promedio de la remoción de Pb vs
				tamaño de partícula
	10	30	60	
100% -m#10	50.86%	52.10%	52.93%	51.97%
100% -m#30	52.16%	53.56%	54.53%	53.42%
100% -m#50	53.41%	54.31%	55.07%	54.27%
Promedio de la remoción de Pb vs tiempo de tratamiento (min)	52.15%	53.32%	54.18%	

La Figura 6 presenta el comportamiento del porcentaje de remoción de plomo (% de Remoción de Pb) como resultado de la interacción entre las variables independientes, como el tamaño de partícula y el tiempo de tratamiento.

Figura 6

Gráfica de interacción de % de remoción de Pb.

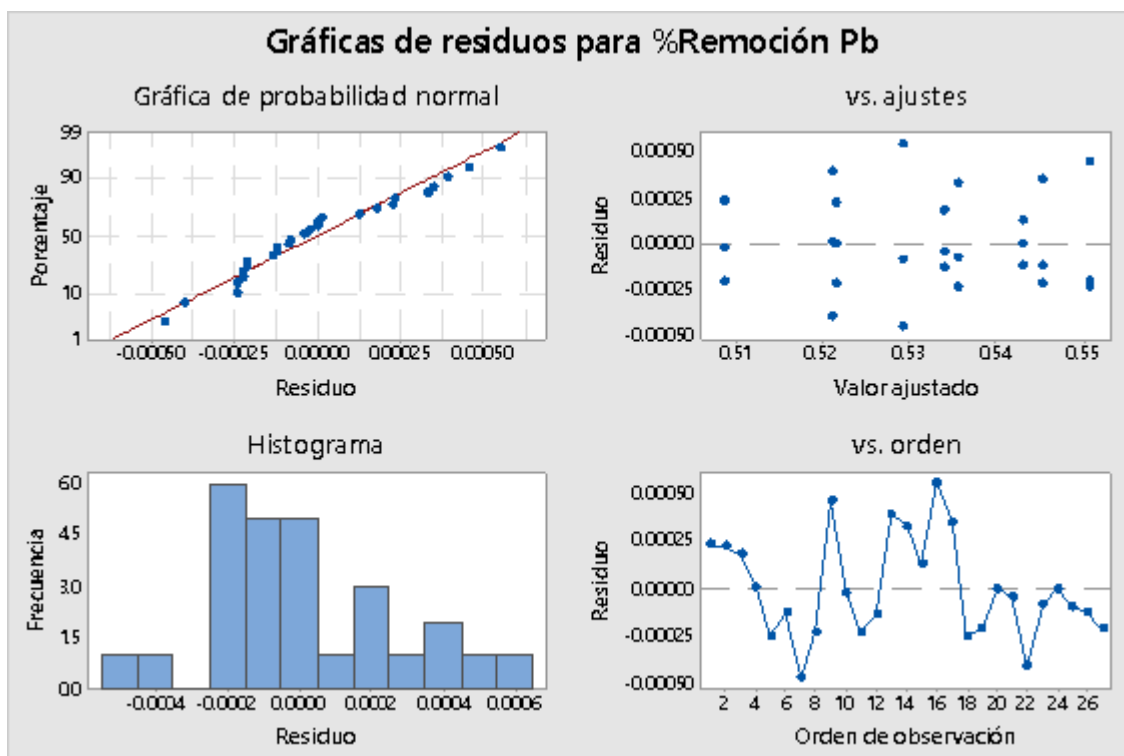


Tanto para el tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* como para el tiempo de tratamiento, los resultados muestran que el valor p es menor que 0,05, con 2 grados de libertad para cada variable. En cuanto a la interacción entre ambas variables, el valor p también es menor a 0,05, con 4 grados de libertad (consultar Apéndice A, Tabla A-4). Estos resultados demuestran que tanto el tamaño de partícula como el tiempo de tratamiento tienen una influencia significativa en la remoción de plomo.

Además, la Figura 7 muestra la gráfica de residuos, evidenciando que cumple con el supuesto de normalidad e independencia. Esto demuestra la aleatoriedad en el estudio, es decir, que no sigue un mismo patrón, lo cual confirma la validez experimental del estudio.

Figura 7

Gráficas de residuos de % remoción de Pb - Minitab.



La Tabla 8 muestra la influencia del tiempo de tratamiento de la cáscara de *Musa Sapientum* en la remoción de plomo en diferentes niveles, a saber, 10 minutos, 30 minutos y 60 minutos. Se observa que el porcentaje máximo de remoción alcanza el 54,18%. Se observa también que al incrementar el tiempo de tratamiento de 10min a 60min el promedio de porcentaje de remoción de plomo aumenta de 52,15% a 54,18%. Esto se debe a que, a los 60 minutos, los grupos carboxílicos alcanzaron mayor capacidad de adsorción, estos actúan como quelantes de los iones de Pb presente en el efluente tratado, produciéndose así un sistema de adsorbente - adsorbato. Y esto se corrobora con la tendencia creciente que se observa en la Figura 4.

La Tabla 9 muestra el porcentaje de remoción de plomo en diferentes niveles de tamaño de partícula, como 100% - m #10, 100% - m #30 y 100% - m #50. Se observa que

el porcentaje máximo de bioadsorción alcanza el 55,07% con un tamaño de partícula de 100% - m #50. Además, se nota que a medida que aumenta el tiempo de tratamiento, se favorece la remoción de plomo, pasando del 52,93% al 55,07%. Este resultado se debe a que el material biológico utilizado, es decir, la pectina reticulada de la cáscara de *Musa Sapientum*, logra una mayor adsorción de Pb con un tamaño de partícula de 100% - m #50, posiblemente debido a su menor tamaño y a una mayor cantidad de grupos funcionales como carboxilos, polifenoles, alcoholes y cetonas presentes en la cáscara, en comparación con los otros tamaños de partícula que son más grandes.

En cuanto a la interacción entre el tiempo de tratamiento y el tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* en la remoción de Pb, según los datos de la Tabla 10, se observa que la máxima remoción de Pb se logra con un tamaño de partícula de 100% - m #50 y un tiempo de tratamiento de 60 minutos. Esto se debe a que la cáscara de *Musa Sapientum*, con sus grupos funcionales como hidroxilos, carboxilos y alquilo, tiene más tiempo para capturar los iones de Pb.

A continuación, respaldamos el análisis presentado para confirmar la hipótesis de la investigación, que establece que a medida que aumenta el tiempo de tratamiento y disminuye el tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* en contacto con el efluente minero, las concentraciones de plomo disminuirán significativamente.

En relación al tiempo de tratamiento de la cáscara de *Musa Sapientum*, se observa que el tiempo óptimo de adsorción de plomo es de 60 minutos. Estos coinciden con los datos son semejantes a los obtenidos por el autor Tulio Celestino (2021), ya que sus resultados obtenidos indican una mayor adsorción de Pb a 50 minutos de tiempo contacto, con una capacidad de adsorción de 24,015 mg/g y logrando una remoción de Pb mayor a 85%.

Los resultados más satisfactorios obtenidos con respecto al tamaño de partícula de cáscara de *Musa Sapientum* es 100%-m50. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Vejarano, Gurreonero y Castillo (2018), quienes encontraron en su investigación que al trabajar con un tamaño de partícula de malla #40 lograron una remoción de aproximadamente el 98% de plomo. Esto demuestra que a este tamaño de partícula existe una mayor cantidad de grupos carboxílicos, los cuales son responsables de retener los metales pesados.

En relación a la interacción entre el tamaño de partícula y el tiempo de tratamiento de la cáscara de *Musa Sapientum* en el proceso de remoción de plomo, se puede observar que la máxima bioadsorción de plomo se logra con un tamaño de partícula de 100% - m50 y un tiempo de tratamiento de 60 minutos. Estos coinciden con los datos obtenidos por los autores Paytan, T. (2021), que en su investigación observaron que cuando se experimenta con ambos factores, tanto a mayor tiempo de tratamiento y un menor tamaño de partícula se logra obtener un mayor % remoción de Pb.

Para la puesta en práctica industrial de estos tratamientos, se requiere realizar un estudio de inversión económica para ver la factibilidad, además de los contaminantes que contenga un agua, así como la relevancia de usar tratamientos naturales, disminuyendo metales pesados.

3.1.5. Isotermas para la remoción de Pb.

En la tabla 11, presenta que los datos de los experimentos; cumplen con la condición " $1/n < 1$ ", demostrándose así, la eficacia de los tratamientos y el cumplimiento de esta isoterma para la remoción de Pb.

En el Gráfico 8 se puede observar que R^2 es 0.9993 por lo tanto se comprueba la veracidad de esta adsorción.

Figura 8

Gráfica de isoterma de Freundlich para remoción de Pb.

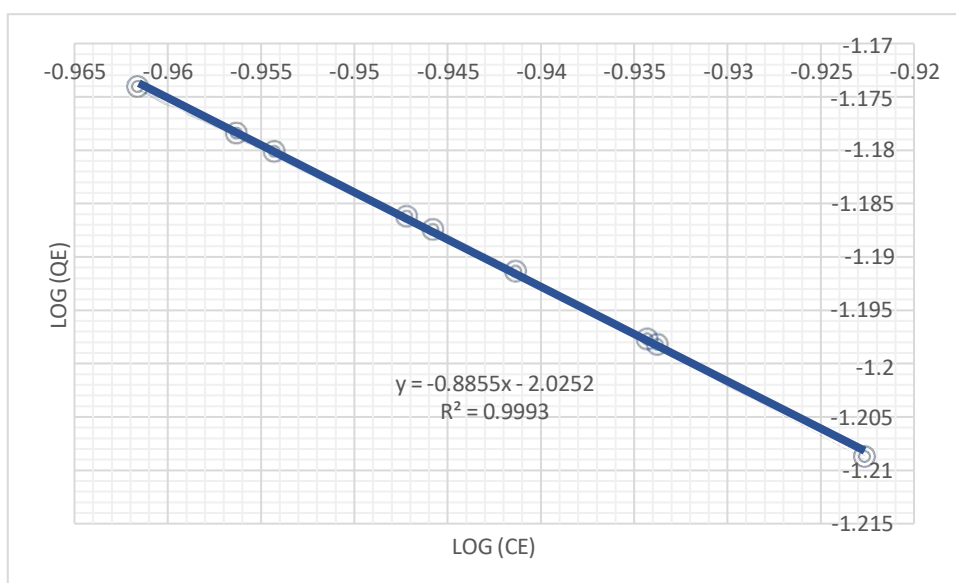


Tabla 11

Cálculos para las isotermas de Freundlich para la remoción de Pb.

Ecuación	R^2	Kf	n
$Y = -0.8855x - 2.0252$	0.9993	0,00944	-1,129

A continuación, analizamos la representación gráfica de la isoterma de Langmuir en la Figura 9, que muestra la remoción de plomo. Además, en la Tabla 12 se presentan los datos calculados para verificar la validez de la isoterma de Langmuir.

Figura 9

Gráfica de isoterma de Langmuir para remoción de Pb

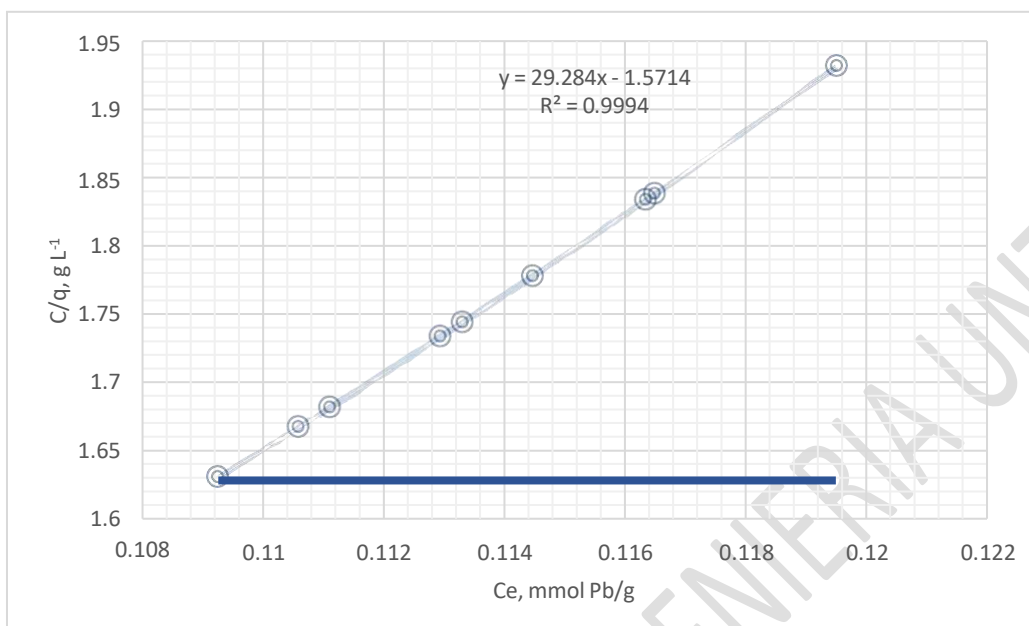


Tabla 12

Cálculos para las isotermas de Langmuir para la remoción de Pb.

Ecuación	R ²	Q _{max}	b
Y = 29.284x - 1.5714	0,9994	0,0341	-18,64

3.2. Remoción de Zn con cáscara de *Musa Sapientum*.

3.2.1. Porcentaje y capacidad de remoción para el Zn.

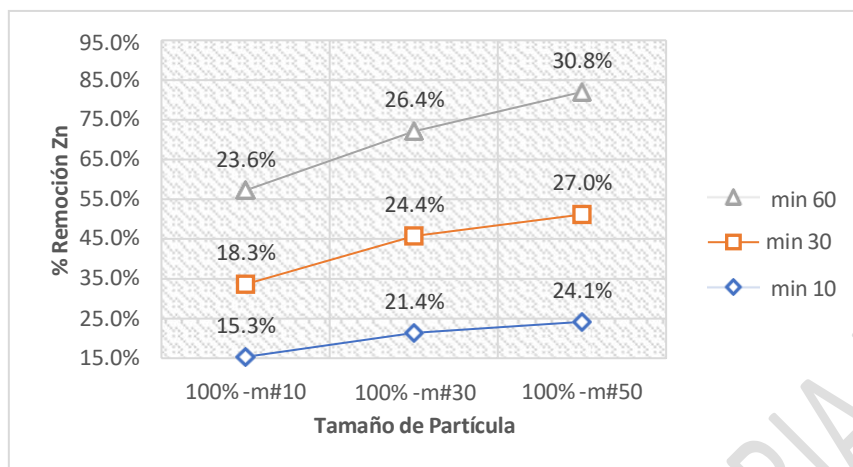
Las concentraciones finales obtenidas a través de absorción atómica, a través de esos datos se calcularon los porcentajes de Remoción para cada una de las pruebas experimentales. Los resultados de la remoción del porcentaje de zinc (% de Remoción Zn) y los valores de equilibrio Qe se presentan en la Tabla 13. Además, en las figuras 10 y 11, se ilustra la interacción de estos datos con las variables independientes.

Tabla 13*Remoción de Zn (%) y capacidad de adsorción (Qe).*

Conc. inicial	Tiempo de Contacto	Malla	Conc. final	Remoción	Qe
mg.L⁻¹	min	#	mg.L⁻¹	%	mg/g
120.58	min 10	100% -m#10	101.85	15.54%	9.37
120.58	min 10	100% -m#30	93.38	22.55%	13.60
120.58	min 10	100% -m#50	91.08	24.47%	14.75
120.58	min 30	100% -m#10	98.77	18.09%	10.91
120.58	min 30	100% -m#30	90.31	25.11%	15.14
120.58	min 30	100% -m#50	88.77	26.38%	15.91
120.58	min 60	100% -m#10	92.62	23.19%	13.98
120.58	min 60	100% -m#30	90.31	25.11%	15.14
120.58	min 60	100% -m#50	84.15	30.21%	18.21
120.58	min 10	100% -m#10	100.31	16.81%	10.14
120.58	min 10	100% -m#30	95.69	20.64%	12.44
120.58	min 10	100% -m#50	91.85	23.83%	14.37
120.58	min 30	100% -m#10	97.23	19.36%	11.67
120.58	min 30	100% -m#30	91.08	24.47%	14.75
120.58	min 30	100% -m#50	87.23	27.66%	16.67
120.58	min 60	100% -m#10	91.08	24.47%	14.75
120.58	min 60	100% -m#30	87.23	27.66%	16.67
120.58	min 60	100% -m#50	82.62	31.49%	18.98
120.58	min 10	100% -m#10	104.15	13.62%	8.21
120.58	min 10	100% -m#30	95.31	20.96%	12.64
120.58	min 10	100% -m#50	91.46	24.15%	14.56
120.58	min 30	100% -m#10	99.54	17.45%	10.52
120.58	min 30	100% -m#30	92.23	23.51%	14.17
120.58	min 30	100% -m#50	88.00	27.02%	16.29
120.58	min 60	100% -m#10	92.62	23.19%	13.98
120.58	min 60	100% -m#30	88.77	26.38%	15.91
120.58	min 60	100% -m#50	83.38	30.85%	18.60

Figura 10

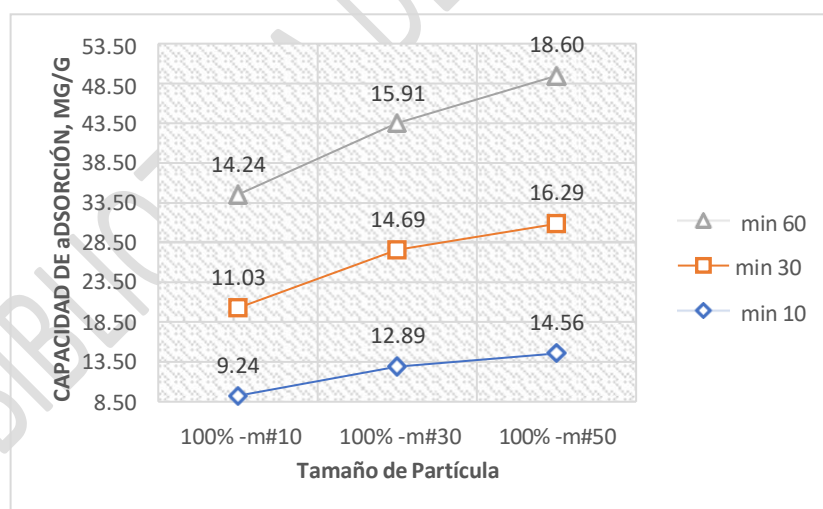
Remoción de Zn (%) y capacidad de adsorción (Q_e).



Según la figura 10, la capacidad de remoción ha ido en mayor aumento cuando se dio un tratamiento a 60 min, podemos apreciar que aún no se ha llegado a la saturación de las partículas de la tendencia no ha decaído.

Figura 11

Capacidad de adsorción de Zn según interacción de variables.



3.2.2. Efecto del tiempo de tratamiento de la cáscara de *Musa Sapientum* en la remoción de zinc (Zn).

Podemos evidenciar que la tabla 14 muestra el porcentaje máximo de Remoción de Zn es de 26,95 % a un tiempo de 60 minutos, esta tendencia se evidencia de la misma manera en la figura 12.

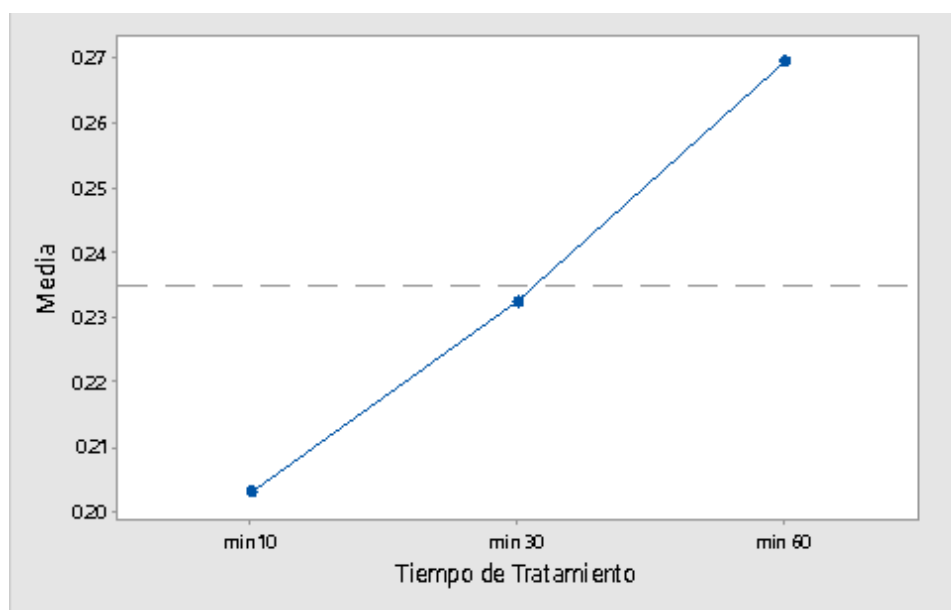
Tabla 14

Valores promedio del tiempo de tratamiento de la cáscara de Musa Sapientum para la remoción de zinc.

Tamaño de partícula	Tiempo de tratamiento (min)		
	10	30	60
100% -m#10	15.32%	18.30%	23.62%
100% -m#30	21.38%	24.36%	26.38%
100% -m#50	24.15%	27.02%	30.85%
<i>Promedio de la remoción de Zn vs tiempo de tratamiento (min)</i>	20.29%	23.23%	26.95%

Figura 12

Gráfica representa el porcentaje de remoción de zinc (Zn) en función del tiempo de tratamiento de la cáscara de Musa Sapientum, expresado en minutos.



3.2.3. Impacto del tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* en la remoción de zinc (Zn).

En la Tabla 15 se muestra que se logra el máximo porcentaje de remoción de plomo (Pb) utilizando un tamaño de partícula de 100% - m #50 durante un tiempo de tratamiento de 60 minutos. Por otro lado, la Figura 13 ilustra la relación entre el porcentaje de remoción de zinc (Zn) y el tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum*, mostrando la tendencia observada.

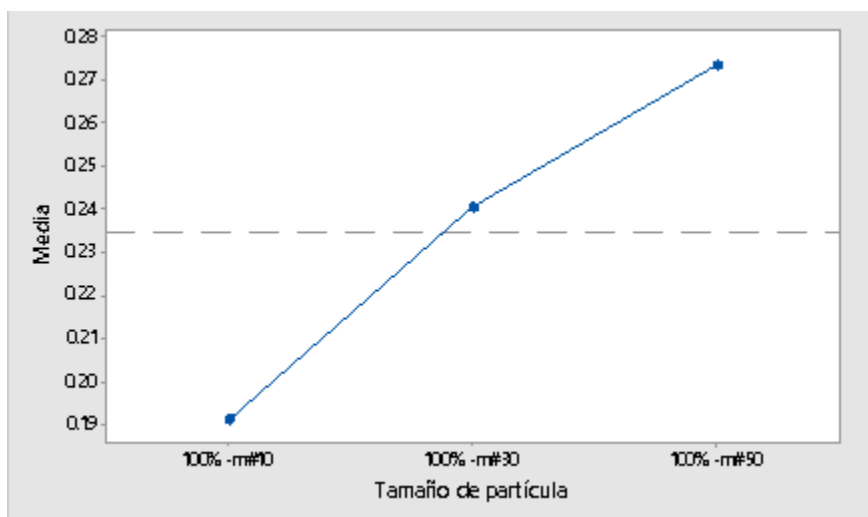
Tabla 15

Valores promedio del tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* (expresados en porcentaje) para el porcentaje de remoción de zinc (Zn).

Tamaño de partícula	Tiempo de tratamiento (min)			Promedio de la remoción de Zn vs tamaño de partícula
	10	30	60	
100% -m#10	15.32%	18.30%	23.62%	19.08%
100% -m#30	21.38%	24.36%	26.38%	24.04%
100% -m#50	24.15%	27.02%	30.85%	27.34%

Figura 13

Relación entre el tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* (expresado en porcentaje) y el porcentaje de remoción de zinc (Zn).

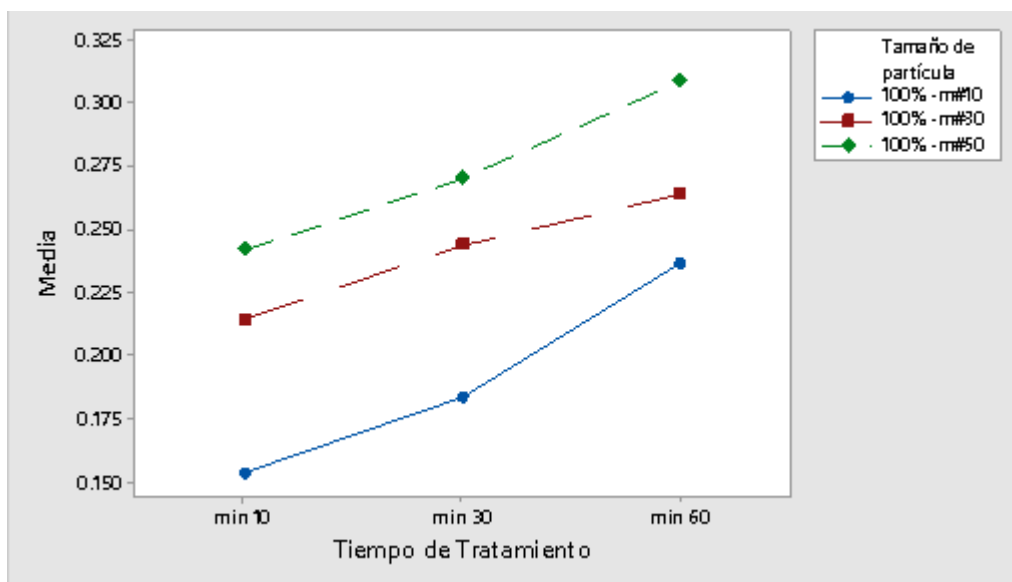


3.2.4. Influencia de la interacción entre el tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* y el tiempo de tratamiento en la eliminación de zinc.

En la Tabla 16 se muestra que el porcentaje máximo de eliminación de zinc es del 30,85%, y se logra utilizando una cáscara de *Musa Sapientum* con un tamaño de partícula del 100% -m #50 durante 60 minutos de tratamiento. Estos resultados también se reflejan en la Gráfica 14 de manera consistente.

Figura 14

Gráfica de interacción de % de remoción de Zn.



Los resultados, para el efecto del tamaño de partícula de cáscara de *Musa Sapientum* y el tiempo de tratamiento, el valor p es menor que 0,05 con 2 grados de

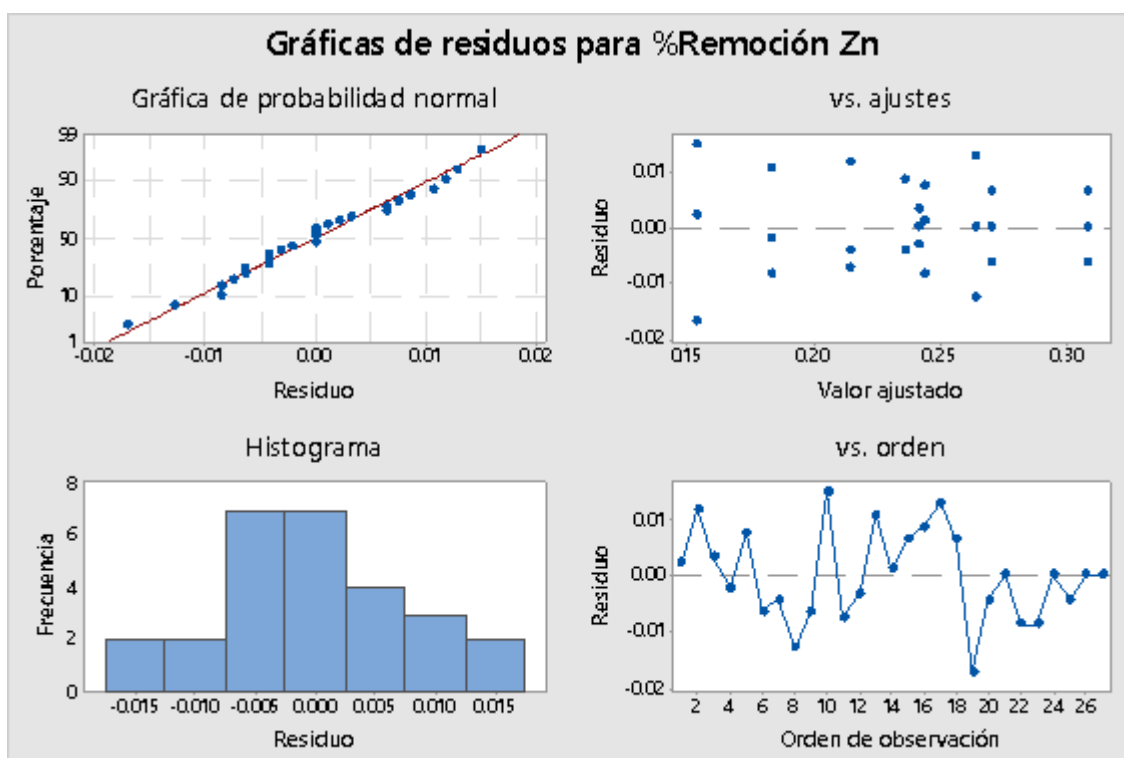
libertad, tanto para tamaño de partícula, así como para el tiempo de tratamiento, en la interacción el valor p también es menor a 0,05 y se cuenta con 4 grados de libertad (apéndice A, tabla A-4) demostrando así que también tiene influencia significativa sobre la remoción de Zn.

BIBLIOTECA DE INGENIERIA UNT.

A continuación, se muestra la Figura 15 que representa la gráfica de residuos. En esta figura se observa que los residuos cumplen con el supuesto de normalidad e independencia, lo cual demuestra la aleatoriedad en el estudio. Es decir, los datos no siguen un patrón consistente, lo que confirma la validez experimental de este estudio.

Figura 15

Gráficas de residuos para %Remoción Zn - Minitab.



La tabla 14 muestra la influencia del tiempo de tratamiento de la cáscara de *Musa Sapientum* en la remoción de zinc a niveles de 10 minutos, 30 minutos y 60 minutos. Se observa que el porcentaje máximo de remoción es del 26,95%. Asimismo, se nota que, al aumentar el tiempo de tratamiento de 10 minutos a 60 minutos, el promedio del porcentaje de remoción de zinc aumenta del 20,29% al 26,95%. Esto se debe a que, a los 60 minutos, los grupos hidroxilos y carboxílicos de la pectina alcanzan una mayor capacidad de

adsorción, absorbiendo los iones de zinc presentes en el efluente tratado y formando un sistema de adsorbente-adsorbato. Esta tendencia creciente se confirma con la Figura 12.

En la Tabla 15 se muestran los porcentajes de remoción de zinc en los diferentes niveles de tamaño de partícula: 100% - m #10, 100% - m #30 y 100% - m #50. Se observa que el máximo porcentaje de remoción es del 27,34% con un tamaño de partícula de 100% - m #50. Además, se nota que a medida que disminuye el tamaño de partícula, es decir, de 100% - m #10 a 100% - m #50, aumenta la eficacia de remoción de zinc, pasando del 19,08% al 27,34%. Esto se debe a que la cáscara de *Musa Sapientum* utilizada contiene grupos carbonilos en su pectina, los cuales están más expuestos en el tamaño de partícula de 100% - m #50 y tienen una mayor capacidad para capturar los iones de zinc. Esta tendencia creciente se confirma con la Figura 13.

En cuanto a la interacción entre el tiempo de tratamiento y el tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* en la remoción de zinc, según los datos de la Tabla 16, se obtiene la máxima remoción de zinc con un tamaño de partícula de 100% - m #50 y un tiempo de tratamiento de 60 minutos. Esto se debe a que la cáscara de *Musa Sapientum*, con sus grupos carbonilos (hidroxilo, cetona y aldehído) funcionales presentes en su estructura molecular, tiene un tiempo óptimo para capturar los iones de zinc. Esta tendencia creciente se confirma con la Figura 14.

A continuación, verificamos el análisis expuesto para confirmar la hipótesis de la investigación que establece que a medida que aumenta el tiempo de tratamiento y disminuye el tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* en contacto con el efluente minero, las concentraciones de zinc disminuirán significativamente.

En relación al tiempo de tratamiento de la cáscara de *Musa Sapientum*, se observa que el tiempo óptimo de adsorción de zinc es de 60 minutos. Estos resultados concuerdan

con los obtenidos por los autores Nomberto y Saavedra (2022), quienes encontraron una máxima adsorción en las primeras 12 horas de un 86%, y a las 24 y 48 horas se alcanza una saturación de los grupos funcionales presentes en la lignina y la pectina.

Con respecto al tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum*, los resultados más satisfactorios se obtuvieron con un tamaño de partícula de 100% -m50. Estos hallazgos coinciden con los de Portilla (2016), quien demostró que a un menor tamaño de partícula se logra una mayor remoción de zinc, alcanzando un 65,79% de remoción con una malla #200, incluso por debajo de los límites máximos permitidos. Esto demuestra que, a menor tamaño de partícula, hay una mayor cantidad de grupos carbonílicos responsables de retener los metales pesados.

En cuanto a la interacción entre el tamaño de partícula y el tiempo de tratamiento de la cáscara de *Musa Sapientum* en el proceso de remoción de zinc, se observa que la máxima remoción de zinc se logra con un tamaño de partícula de 100% -m50 y un tiempo de tratamiento de 60 minutos. Esta estadística se respalda con los datos obtenidos por los autores Rojas P. y Tiburcio N. (2021), que en su investigación observaron que cuando se experimenta con ambos factores, y en un tiempo de 24h a 500um de tamaño de partícula obtienen 37% de remoción de Zn esto se sustenta con los estudios de Nomberto y Saavedra. (2022), en el cual se descubre que después de las 12 h se da la saturación de los grupos funcionales como la lignina y la pectina.

Para la puesta en práctica industrial de estos tratamientos, se requiere realizar un estudio de inversión económica para ver la factibilidad, además de tener claridad de los contaminantes que contenga un agua, así como la relevancia de usar tratamientos naturales, disminuyendo metales pesados.

3.2.5. Isotermas para la remoción de Zn.

En la tabla 16, presenta que los datos de los experimentos; cumplen con la condición “ $1/n < 1$ ”, demostrándose así, la eficacia de los tratamientos y el cumplimiento de esta isoterma para la remoción de Zn

En el Gráfico 16 se puede observar que R^2 es 0.9787 por lo tanto se comprueba la veracidad de este proceso de adsorción de Zn.

Figura 16

Gráfica de isoterma de Freundlich para remoción de Zn.

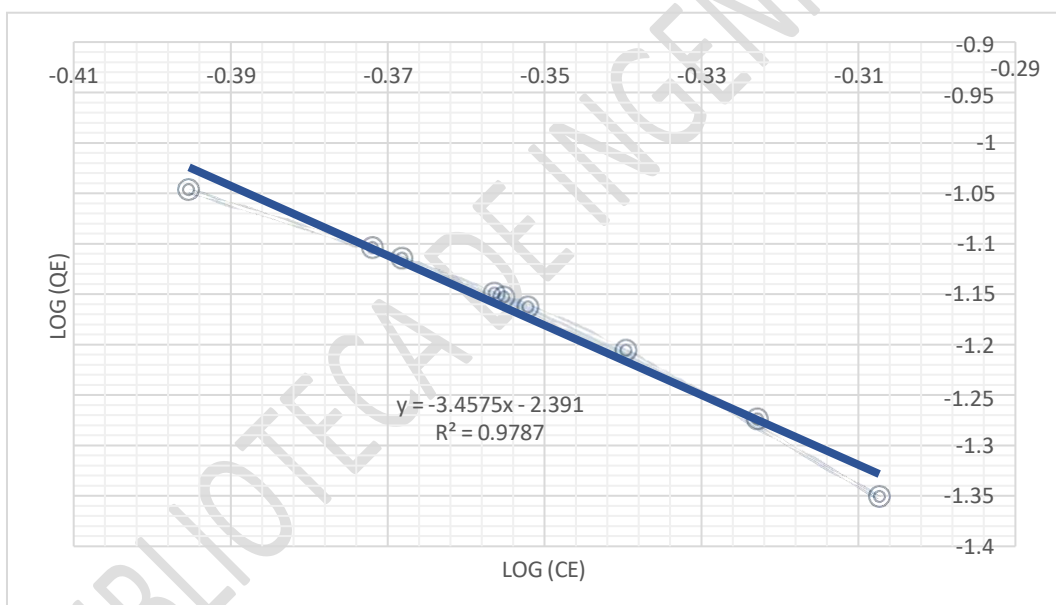


Tabla 3

Cálculos para las Isotermas de Freundlich para la remoción de Zn.

Ecuación	R^2	Kf	n
$Y = -3,4575x - 2,391$	0,9787	0,004064	-0,28922

A continuación, examinamos la figura 17, que representa la isoterma de Langmuir para la remoción de zinc, y la tabla 18, que contiene los datos calculados para validar la isoterma de Langmuir.

Figura 17

Gráfica de la isoterma de Langmuir utilizada en el estudio de la remoción de zinc.

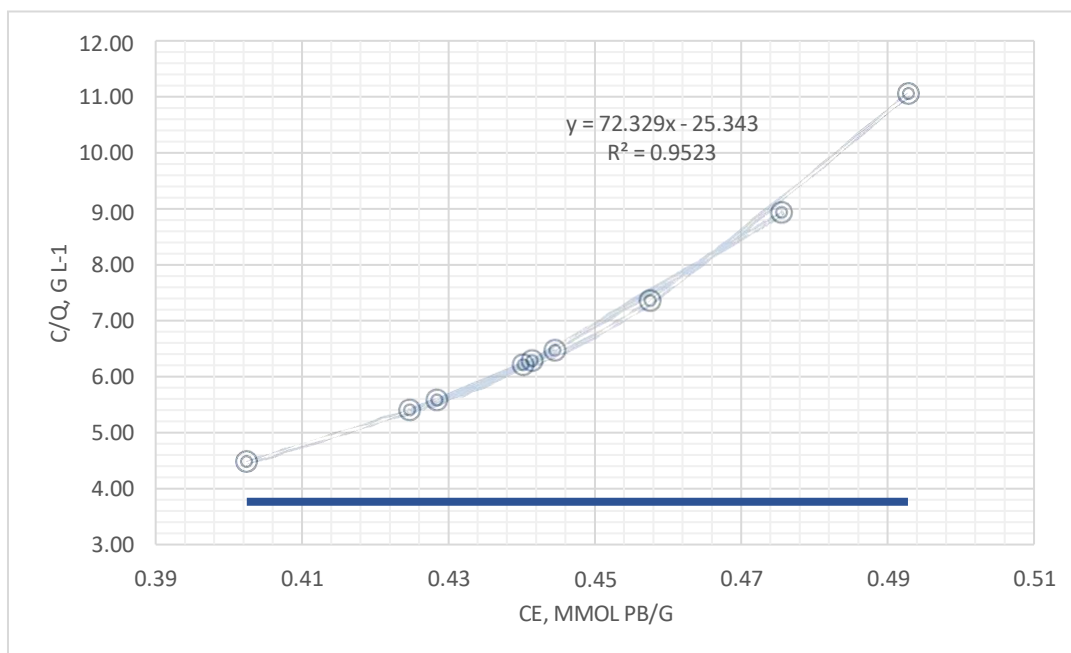


Tabla 4

Cálculos para las isotermas de Langmuir para la remoción de Zn.

Ecuación	R ²	Q _{max}	b
Y = 72,329x – 25,343	0,9523	0,0138	-2,85

CAPÍTULO IV

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

El tiempo de tratamiento de la cáscara de *Musa Sapientum* tiene un impacto significativo en el porcentaje de remoción de plomo. A medida que se incrementa de 10 minutos a 60 minutos, el porcentaje de remoción aumenta del 52.15% al 54.18%. De manera similar, la bioadsorción de zinc también se ve favorecida con el aumento del tiempo de tratamiento, con un aumento en el porcentaje de remoción del 20.29% al 26.95%. Por lo tanto, se concluye que el tiempo óptimo de tratamiento de la cáscara de *Musa Sapientum* para lograr una mayor remoción de plomo y zinc es de 60 minutos, según los resultados del estudio.

El tamaño de partícula de la cáscara de *Musa Sapientum* también tiene un efecto significativo en el porcentaje de remoción de plomo. Cuando se utiliza un tamaño de partícula de 100% - m #50, se observa un aumento en el porcentaje de remoción de plomo, aumentando del 51.97% al 54.27%. Se aprecia la misma tendencia en la remoción de zinc, ya que se obtiene un porcentaje de remoción de zinc más alto, alcanzando el 27.34%, cuando se utiliza un tamaño de partícula de 100% - m #50. Por lo tanto, se concluye que

la remoción de plomo y zinc se favorece cuando se emplea un tamaño de partícula de 100% - m #50.

El porcentaje más alto de remoción de plomo mediante el uso de la cáscara de *Musa Sapientum* es de 54.27%. En cuanto a la remoción de zinc, el porcentaje máximo obtenido es del 27.34%.

4.2. *Recomendaciones*

Se recomienda realizar otras pruebas a otros menores tamaños de partículas, ya que se ve que la cinética de adsorción se favorece a una granulometría menor.

Se recomienda probar con cáscaras de otros residuos orgánicos para tratamientos de efluentes mineros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), (2005). Toxicological Profile for Zinc. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp60.pdf>.

Cobalto, (2021). Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR) de los Estados Unidos. https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts33.html

Combined Sewer Systems, (2021). Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). <https://www.epa.gov/npdes/combined-sewer-systems>

Contaminación Ambiental, (2019). Enciclopedia Británica. <https://www.britannica.com/science/environmental-pollution>

Contaminación del agua por metales pesados y su impacto en la salud humana de la Organización Mundial de la Salud “OMS” (2016). https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/205250/9789243564993_spa.pdf;jsessionid=AD6D2CFFD8CE49F39B9BDEB0F9A68E8F?sequence=1

Contaminación del agua por metales pesados: fuentes, efectos y estrategias de remediación de la Revista Internacional de Contaminación Ambiental, (2018). <https://www.redalyc.org/pdf/370/37058467016.pdf>

Domestic Wastewater Treatment, (2021). Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). <https://www.epa.gov/npdes/domestic-wastewater-treatment>

El-Sayed, G. O., Mohamed, M. M., & Mohamed, A. A. (2021). Adsorption of heavy metals from aqueous solution by banana peel powder: kinetic, isotherm, and thermodynamic studies. *Desalination and Water Treatment*, 212, 249-259.

- Environmental Pollution and Health Effects" (2020). Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-04/documents/ace3_2019_brochure_english.pdf
- Foo, K. Y., & Hameed, B. H. (2010). Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. *Chemical Engineering Journal*, 156(1), 2-10.
- Gamarra, F. (2020) "Evaluación del uso de cáscaras de banano (*Musa Paradisiaca* sp.) para la descontaminación del agua con metales pesados de la cuenca de Milluni – La Paz". Universidad Mayor de San Andrés facultad de agronomía. Carrera de ingeniería agronómica. Bolivia, Pp 55.
- García, A. (2021) "Elaboración de una biorresina intercambiadora de cationes a partir de cáscara de plátano o guineo para eliminar metales pesados en agua contaminada". Escuela de ingeniería química. ITCA-FEPADE sede central. El Salvador, Pp 37.
- García-Rivas, J., Díaz-Urbe, J., & Tibaquirá, J. (2019). Efectos de la minería sobre la calidad del agua y el efluente minero en los ríos del páramo de Santurbán, Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (91), 103-115.
- Giraldo, L., Moreno-Piraján, J. C., & Giraldo, A. (2017). Use of banana peel as an adsorbent for the removal of pollutants from wastewater: a review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(6), 6080-6100.
- Lead Contamination in the Environment: A Review, (2019). *Revista científica International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/9/1511>.

Lead in Drinking Water, (2021). Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/basic-information-about-lead-drinking-water>

Lead Toxicity and Its Neurological Implications, (2021). Revista médica Toxics. <https://www.mdpi.com/2305-6304/9/2/37>.

Ministerio del Ambiente, (2021). Resolución Ministerial N°114-2021-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua [Ministerial Resolution N°. 114-2021-MINAM, Environmental Quality Standards for Water]. Lima, Perú. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/05/RM-114-2021-MINAM-ECA-Agua.pdf>

M. I. El-Khaiary, (2006). "Kinetics and Mechanism of Adsorption of Some Dyes onto Activated Carbon Cloth," Journal of Hazardous Materials, vol. 137, no. 1, pp. 28-37.

Palacios, A. (2019) “Determinación del nivel de filtración que tiene la cáscara de plátano, para reducir metales pesados presentes en agua residual en la empresa Weatherford, Cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana”. Universidad Técnica de Cotopaxi unidad académica de ciencias agropecuarias y recursos naturales. Carrera de ingeniería de medio ambiente. Ecuador, Pp 123-124.

Portilla (2016). Tiempo de contacto de la cáscara de Musa Sapientum (plátano) y su tamaño de partícula sobre el pH y adsorción de Pb y Zn en las aguas residuales de laboratorios de análisis químico. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/903>.

Office of Dietary Supplements (ODS), National Institutes of Health, (2021). Zinc Fact Sheet for Health Professionals.

<https://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-HealthProfessional/>

Oliva, M., & Bosch, A. C. (2016). Aquatic ecotoxicity of selected nanoparticles: challenges and perspectives for the assessment of nanoparticle behavior in aquatic ecosystems. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 34(4), 216-238.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental del Perú “OEFA” (2017).

<https://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2018/03/Estado-de-los-Recursos-Naturales-y-del-Ambiente-2017.pdf>

Ravi, R., Padmashree, T. S., & Srinivas, P. (2016). Chemical composition, functional properties and processing of banana: A review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(1), 1-9.

Rojas, D. y Tiburcio, R. (2022) “Eficacia de la cáscara de plátano pulverizado en la remoción de metales pesados en agua de la relavera Santa Catalina”. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de ingeniería y arquitectura. Perú, Pp 33.

Vejarano, R., Gurreonero, J. y Castillo, A. (2018) “Adsorción de plomo (Pb) de aguas contaminadas mediante cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)”. Universidad Privada del Norte (UPN). Facultad de ingeniería. Perú, Pp 4.

Tejada T., Herrera A. y Nuñez Z. (2016). Remoción de plomo por biomásas residuales de cascara de naranja (*Citrus sinensis*) y Zuro de maíz (*Zea mays*). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 19(1), 169-178.
<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/126/92>

Universidad Católica de Santa María. (02 de septiembre del 2022). UCSM presenta Innovadora planta de tratamiento de aguas residuales, única en su tipo en el Perú.

<https://www.ucsm.edu.pe/ucsm-presenta-innovadora-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-unica-en-su-tipo-en-el-peru/>

Universidad Nacional de Ingeniería. (02 de septiembre del 2022). Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR-UNI).
<https://fiauni.pe/sitio/citrar/>

Valdivia, D. (20 de julio de 2022). Afectados por metales pesados aún no ven los avances anunciados por el ejecutivo para darles tratamiento el Perú. Convoca.
<https://convoca.pe/agenda-propia/afectados-por-metales-pesados-aun-no-ven-los-avances-anunciados-por-el-ejecutivo>.

Viscaíno Mendoza, L. y Fuentes Molina, N. (2014). Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 251(1), 43-60
<http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v25n1/v25n1a04.pdf>.

Water Pollution and Agriculture, (2021). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
<http://www.fao.org/3/cb0193en/cb0193en.pdf>

Wastewater Treatment – Overview, (2021). Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). <https://www.epa.gov/wastewaterbasics/wastewater-treatment-overview>.

Zinc, (2021). Enciclopedia de los Elementos de Jefferson Lab.
<https://education.jlab.org/itselemental/ele030.html>.

ANEXOS FOTOGRÁFICOS

Evidencia fotográfica de las pruebas experimentales realizadas.

Foto 1

Lavado de cáscara de Musa Sapientum.



Foto 2

Proceso de remoción de Pb y Zn con 2L de efluente.



Foto 3

Control de tiempos de tratamiento para las pruebas de remoción.



Foto 4

Muestras de efluente ya tratados a distintos niveles de variables.



APENDICE A

Análisis de estadístico por Minitab

Tabla A-1

Diseño de investigación para la remoción de Pb.

↓	C1-T	C2-T	C3
	Tiempo de Tratamiento	Tamaño de partícula	%Remoción Pb
1	min 10	100% -m#10	50.9%
2	min 10	100% -m#30	52.2%
3	min 10	100% -m#50	53.4%
4	min 30	100% -m#10	52.1%
5	min 30	100% -m#30	53.5%
6	min 30	100% -m#50	54.3%
7	min 60	100% -m#10	52.9%
8	min 60	100% -m#30	54.5%
9	min 60	100% -m#50	55.1%
10	min 10	100% -m#10	50.9%
11	min 10	100% -m#30	52.1%
12	min 10	100% -m#50	53.4%
13	min 30	100% -m#10	52.1%
14	min 30	100% -m#30	53.6%
15	min 30	100% -m#50	54.3%
16	min 60	100% -m#10	53.0%
17	min 60	100% -m#30	54.6%
18	min 60	100% -m#50	55.1%
19	min 10	100% -m#10	50.8%
20	min 10	100% -m#30	52.2%
21	min 10	100% -m#50	53.4%
22	min 30	100% -m#10	52.1%
23	min 30	100% -m#30	53.6%
24	min 30	100% -m#50	54.3%
25	min 60	100% -m#10	52.9%
26	min 60	100% -m#30	54.5%
27	min 60	100% -m#50	55.1%

Tabla A-2

Análisis de varianza para la remoción de Pb.

ANOVA: %Remoción Pb vs. Tiempo de Tratamiento; ... ño de partícula

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo de Tratamiento	Fijo	3	min 10; min 30; min 60
Tamaño de partícula	Fijo	3	100% -m#10; 100% -m#30; 100% -m#50

Análisis de varianza de %Remoción Pb

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Tiempo de Tratamiento	2	0.001873	0.000937	9326.60	0.000
Tamaño de partícula	2	0.002432	0.001216	12108.06	0.000
Tiempo de Tratamiento*Tamaño de partícula	4	0.000039	0.000010	97.65	0.000
Error	18	0.000002	0.000000		
Total	26	0.004347			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.0003169	99.96%	99.94%

Tabla A-3*Diseño de investigación para la remoción de Zn.*

↓	C1-T	C2-T	C3
	Tiempo de Tratamiento	Tamaño de partícula	%Remoción Zn
1	min 10	100% -m#10	15.54%
2	min 10	100% -m#30	22.55%
3	min 10	100% -m#50	24.47%
4	min 30	100% -m#10	18.09%
5	min 30	100% -m#30	25.11%
6	min 30	100% -m#50	26.38%
7	min 60	100% -m#10	23.19%
8	min 60	100% -m#30	25.11%
9	min 60	100% -m#50	30.21%
10	min 10	100% -m#10	16.81%
11	min 10	100% -m#30	20.64%
12	min 10	100% -m#50	23.83%
13	min 30	100% -m#10	19.36%
14	min 30	100% -m#30	24.47%
15	min 30	100% -m#50	27.66%
16	min 60	100% -m#10	24.47%
17	min 60	100% -m#30	27.66%
18	min 60	100% -m#50	31.49%
19	min 10	100% -m#10	13.62%
20	min 10	100% -m#30	20.96%
21	min 10	100% -m#50	24.15%
22	min 30	100% -m#10	17.45%
23	min 30	100% -m#30	23.51%
24	min 30	100% -m#50	27.02%
25	min 60	100% -m#10	23.19%
26	min 60	100% -m#30	26.38%
27	min 60	100% -m#50	30.85%

Tabla A-4

Análisis de varianza para la remoción de Zn.

ANOVA: %Remoción Zn vs. Tiempo de Tratamiento; ... ño de partícula

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo de Tratamiento	Fijo	3	min 10; min 30; min 60
Tamaño de partícula	Fijo	3	100% -m#10; 100% -m#30; 100% -m#50

Análisis de varianza de %Remoción Zn

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Tiempo de Tratamiento	2	0.020069	0.010034	108.69	0.000
Tamaño de partícula	2	0.031102	0.015551	168.44	0.000
Tiempo de Tratamiento*Tamaño de partícula	4	0.001089	0.000272	2.95	0.049
Error	18	0.001662	0.000092		
Total	26	0.053922			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.0096084	96.92%	95.55%

APENDICE B

Informes de análisis de muestras



RUC. 20602331645

MINERIA ASESORIA Y CONSTRUCCION LABORATORIO SAC

INFORME DE ENSAYO N° 30/23-11-23

Cliente	: BUSTOS CONTRERAS ROYER (MUESTRA - 01)
Dirección	:
Cantidad de Muestra	: 01 Muestras, 50.00 ml. Aprox.
Envase	: TUBO PLASTICA
Características de la Muestra	: SOLUCION.
Instrucción de análisis	:
Fecha de Recepción	: 23.11.2023
Inicio de Análisis	: 24.11.2023
Término de Análisis	: 25.11.2023

RESULTADOS:

CÓDIGO MUESTRA	Cu (COBRE) ppm	Pb (Plomo) ppm	Zn (ZINC) ppm	Fe (Fierro) ppm
Muestra-01	21.78	50.39	120.58	2740.89

MÉTODOS:

DIGESTION A.A

Trujillo, 25 NOVIEMBRE del 2023

Maria Isabel Zavaleta Tizla
INGENIERO QUIMICO
CIP 84109

INFORME DE ENSAYO 20124 - 003

Cliente: Bustos Contreras Royer
Producto descrito como: Solución (Muestras de *Citrus sinensis*)
Tipo de análisis: Absorción atómica
Presentación de Muestra: Frasco estéril 50 ml aprox.
Fecha de Recepción: 02/01/2024
Fecha de Ensayo: 03/01/2024

RESULTADOS

Código Interno	Código de Muestra	Concentraciones (ppm)	
		Pb	Zn
AA-2012431	m#10/min10 - 1	24.75	101.85
AA-2012432	m#10/min10 - 2	24.76	100.31
AA-2012433	m#10/min10 - 3	24.77	104.15
AA-2012434	m#30/min10 - 1	24.09	93.38
AA-2012435	m#30/min10 - 2	24.12	95.69
AA-2012436	m#30/min10 - 3	24.10	95.31
AA-2012437	m#50/min10 - 1	23.47	91.08
AA-2012438	m#50/min10 - 2	23.48	91.85
AA-2012439	m#50/min10 - 3	23.48	91.46

INFORMACIÓN MÉTODO:

CÓDIGO MÉTODO	DESCRIPCIÓN MÉTODO
MLMP-010	Determinación de concentraciones de metales por Absorción Atómica de muestras en soluciones.

Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la cantidad de muestra recibida y ensayada en el laboratorio, no deben ser utilizados como certificación de conformidad con las normas del producto o sistemas de calidad.

La alteración parcial o total de este documento es penalizado por ley. Cualquier corrección solo podrá ser realizado por quién emitió el informe.

Las muestras podrán ser retiradas por los interesados transcurridos los 14 días calendario a partir de la fecha de recepción, caso contrario se procederá a rechazarlas.

Ing. Pedro Vásquez Mendoza
Jefe de Laboratorio Químico - UPN

INFORME DE ENSAYO 20124 - 004

Ciente: Bustos Contreras Royer
Producto descrito como: Solución (*Muestras de Citrus sinensis*)
Tipo de análisis: Absorción atómica
Presentación de Muestra: Frasco estéril 50 ml aprox.
Fecha de Recepción: 02/01/2024
Fecha de Ensayo: 03/01/2024

RESULTADOS

Código Interno	Código de Muestra	Concentraciones (ppm)	
		Pb	Zn
AA-2012440	m#10/min30 - 1	24.14	98.77
AA-2012441	m#10/min30 - 2	24.16	97.23
AA-2012442	m#10/min30 - 3	24.16	99.54
AA-2012443	m#30/min30 - 1	23.41	90.31
AA-2012445	m#30/min30 - 2	23.38	91.08
AA-2012446	m#30/min30 - 3	23.41	92.23
AA-2012447	m#50/min30 - 1	23.03	88.77
AA-2012448	m#50/min30 - 2	23.02	87.23
AA-2012449	m#50/min30 - 3	23.02	88.00

INFORMACIÓN MÉTODO:

CÓDIGO MÉTODO	DESCRIPCIÓN MÉTODO
MLMP-010	Determinación de concentraciones de metales por Absorción Atómica de muestras en soluciones.

Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la cantidad de muestra recibida y ensayada en el laboratorio, no deben ser utilizados como certificación de conformidad con las normas del producto o sistemas de calidad. La alteración parcial o total de este documento es penalizado por ley. Cualquier corrección solo podrá ser realizado por quién emitió el informe.

Las muestras podrán ser retiradas por los interesados transcurridos los 14 días calendario a partir de la fecha de recepción, caso contrario se procederá a rechazarlas.



Ing. Pedro Vásquez Mendoza
 Jefe de Laboratorio Químico - UPN

INFORME DE ENSAYO 20124 - 005

Cliente: Bustos Contreras Royer
Producto descrito como: Solución (*Muestras de Citrus sinensis*)
Tipo de análisis: Absorción atómica
Presentación de Muestra: Frasco estéril 50 ml aprox.
Fecha de Recepción: 02/01/2024
Fecha de Ensayo: 03/01/2024

RESULTADOS

Código Interno	Código de Muestra	Concentraciones (ppm)	
		Pb	Zn
AA-2012450	m#10/min60 - 1	23.74	92.62
AA-2012451	m#10/min60 - 2	23.69	91.08
AA-2012452	m#10/min60 - 3	23.72	92.62
AA-2012453	m#30/min60 - 1	22.93	90.31
AA-2012455	m#30/min60 - 2	22.90	87.23
AA-2012456	m#30/min60 - 3	22.92	88.77
AA-2012457	m#50/min60 - 1	22.61	84.15
AA-2012458	m#50/min60 - 2	22.65	82.62
AA-2012459	m#50/min60 - 3	22.65	83.38

INFORMACIÓN MÉTODO:

CÓDIGO MÉTODO	DESCRIPCIÓN MÉTODO
MLMP-010	Determinación de concentraciones de metales por Absorción Atómica de muestras en soluciones.

Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la cantidad de muestra recibida y ensayada en el laboratorio, no deben ser utilizados como certificación de conformidad con las normas del producto o sistemas de calidad. La alteración parcial o total de este documento es penalizado por ley. Cualquier corrección solo podrá ser realizado por quién emitió el informe.

Las muestras podrán ser retiradas por los interesados transcurridos los 14 días calendario a partir de la fecha de recepción, caso contrario se procederá a rechazarlas.

Ing. Pedro Vásquez Mendoza
Jefe de Laboratorio Químico - UPN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

RECTORADO

UNT

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

DECLARACIÓN JURADA

El AUTOR suscrito en el presente documento **DECLARO BAJO JURAMENTO** que soy el responsable legal de la calidad y originalidad del contenido del Proyecto de Investigación Científica, así como, del Informe de la Investigación Científica realizado.

“TIEMPO Y TAMAÑO DE PARTÍCULA DE CÁSCARA DE *MUSA SAPIENTUM* SOBRE LA DISMINUCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE Pb Y Zn EN EFLUENTE.”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

PROY DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ()

(PREGRADO)

PROYECTO DE TESIS PREGRADO ()

PROYECTO DE TESIS MAESTRÍA ()

PROYECTO DE TESIS DOCTORADO ()

INFORME FINAL DE INVESTIGACION CIENTÍFICA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO) ()

TESIS PREGRADO (X)

TESIS MAESTRÍA ()

TESIS DOCTORADO ()

Equipo Investigador Integrado por:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	FACULTAD	DEP. ACADÉMICO	CATEGORÍA DOCENTE ASESOR	CODIGO Docente asesor Número Matrícula del estudiante	Autor Coautor asesor
1	BUSTOS CONTRERAS ROYER MOISES	INGENIERÍA	ING. METALÚRGICA		10215006-14	Autor
2	PORTILLA RODRIGUEZ HANS ROGER	INGENIERÍA	ING. METALÚRGICA	AUXILIAR	6331	Asesor

Firma

Trujillo, 21. de Febrero. del 2024

DNI: 47829068

BUSTOS CONTRERAS ROYER MOISES

Este formato debe ser llenado, firmado, adjuntado al final del documento del PIC, del Informe de Tesis, Trabajo de Investigación respectivamente



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TRABAJO DE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

RECTORADO

UNT

INVESTIGACIÓN EN REPOSITORIO DIGITAL RENATI-SUNEDU

Trujillo, 21 de Febrero del 2024

Los autores suscritos del INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Titulado: **“INFLUENCIA DE DENSIDAD DE CORRIENTE Y CONCENTRACIÓN DE GLICERINA SOBRE EL ESPESOR DE CAPA ANODIZADA DEL ALUMINIO A6061.”**

AUTORIZAMOS SU PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL, REPOSITORIO RENATI-SUNEDU, ALICIA-CONCYTEC, CON EL SIGUIENTE TIPO DE ACCESO:

A. Acceso Abierto: ☒

B. Acceso Restringido ☐ (datos del autor y resumen del trabajo)

C. No autorizo su Publicación ☐

Si eligió la opción restringido o NO autoriza su publicación sírvase justificar.....

ESTUDIANTES DE PREGRADO:
ESTUDIANTES DE POSTGRADO:
DOCENTES:

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ☐
TESIS MAESTRÍA ☐
INFORME DE INVESTIGACION ☐

TESIS ☒
TESIS DOCTORADO ☐
OTROS ☐

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	FACULTAD	CONDICIÓN (NOMBRADO, CONTRATADO, EMÉRITO, estudiante, OTROS)	CÓDIGO Docente asesor Número Matrícula del estudiante	Autor Coautor asesor
1	BUSTOS CONTRERAS ROYER MOISES	INGENIERÍA	BACHILLER	10215006-14	Autor
2	PORTILLA RODRIGUEZ HANS ROGER	INGENIERÍA	NOMBRADO	6331	Asesor

Firma

DNI: 47829068

BUSTOS CONTRERAS ROYER MOISES

Este formato debe ser llenado, firmado Y adjuntado en el informe de Tesis y/o Trabajo de Investigación respectivamente.

¹ Este formato en el caso de Informe de investigación científica docente debe ser llenado, firmado, escaneado y adjuntado en el sistema de www.picfedu.unitru.edu.pe



Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Habiéndose hecho las correcciones y recomendaciones emitidas por el Jurado calificador, se declara expedito el presente trabajo.

Por tanto, se autoriza continuar los trámites para la obtención del Título correspondiente.

Dr. LUIS ANDRES ALVARADO LOYOLA

A handwritten signature in blue ink, featuring a large, stylized 'L' and 'A' that are interconnected, with a long horizontal stroke extending to the right.

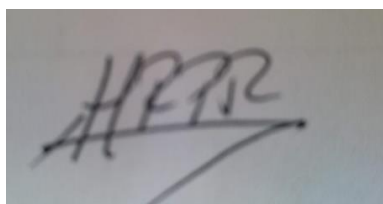
Presidente

Dr. JUAN ANTONIO VEGA GONZALEZ

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. A. Vega Gonzalez' in a cursive style, with a long horizontal stroke at the bottom.

Secretario

Mg. HANS ROGER PORTILLA RODRIGUEZ

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'H. R. Portilla Rodriguez' in a cursive style, with a long horizontal stroke at the bottom.

Asesor

Anexo 01

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

N° 041-2024-C.E/FAC.ING.-UNT

1) Investigador (es):

Bustos Contreras Royer Moisés

DNI:47829068

CÓDIGO:1021500614

2) Asesor: Portilla Rodríguez Hans Roger

DNI: 42240245

CÓDIGO : 6331

3) Finalidad del trabajo de Investigación: Título Profesional

4) Programa o escuela: Ingeniería Metalúrgica

5) Título del trabajo de Investigación: “Influencia del tiempo de tratamiento y tamaño de partícula de cáscara de Musa Sapientum sobre la disminución de las concentraciones de Pb y Zn en efluente minero.”

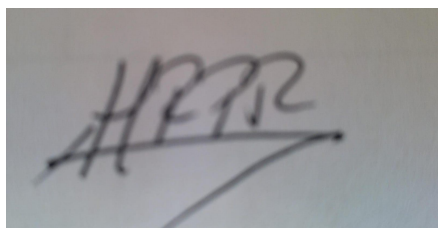
6) Fecha de sustentación y aprobación del trabajo de Investigación: 21 /02 /2024

7) Fecha de evaluación de originalidad con depósito: 20/01/2024

8) Número de trabajo revisado por herramienta Turnitin: 2274238444

9) Porcentaje de reporte de similitud: 18 %

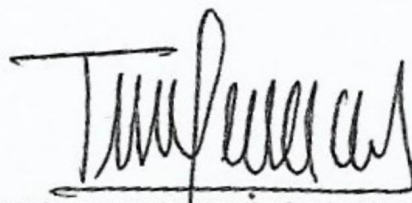
10) Condición: Aprobado



Ing.Portilla Rodríguez Hans Roger

Asesor

Código: 6331



Mg. Arq. Tatiana P. García Cam

Pdte. del Comité de Ética

Código: 6307