



FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EVALUACIÓN DE LA CASCARA DE MANDARINA *Citrus Reticulata* Y
MARACUYÁ *Pasiflora Edulis* COMO BIOSORBENTES PARA LA REMOCIÓN
DE PLOMO EN MUESTRAS SINTETICAS A NIVEL DE LABORATORIO, 2020

Línea de investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Ninahuanca Samaniego, Herbert Christian

Asesora:

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

ORCID: 0000-0002-4800-1083

Jurado:

Rojas León, Gladis

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima - Perú

2022

Referencia:

Ninahuanca, A. (2022). *Evaluación de la cascara de mandarina citrus reticulata y maracuyá pasiflora edulis como biosorbentes para la remoción de plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio, 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5814>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**EVALUACIÓN DE LA CASCARA DE MANDARINA *Citrus Reticulata* Y MARACUYÁ
Pasiflora Edulis COMO BIOSORBENTES PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO EN
MUESTRAS SINTETICAS A NIVEL DE LABORATORIO, 2020**

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación.

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

AUTOR

Ninahuanca Samaniego, Herbert Christian

ASESOR

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

JURADO

Rojas León, Gladis

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima – Perú

2022

Dedicatoria

Dedico esta investigación a Dios, por darme la fortaleza que necesitaba en los momentos más complicados y darme la fortaleza de cumplir mis metas, a mis padres Herbert Ninahuanca y Isabel Samaniego, ya que fueron mi inspiración de lucha y sacrificio ante las adversidades de la vida, a mis hermanos, y todas las personas cercanas quienes me brindaron el apoyo emocional y el aliento para seguir adelante.

A Noemi, mi esposa por estar conmigo en las buenas y en las malas, por su apoyo y motivarme constantemente.

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por hacerme la persona más dichosa y bendecida, por mantenerme fuerte en momentos difíciles, y guiarme por el camino del bien.

A mi Universidad Nacional Federico Villarreal, por ser la casa de estudio donde me formé profesionalmente y a todos los profesores que fueron parte de mi formación.

Al mejor maestro, tutor, mentor, persona, que siempre estuvo presente apoyándome y aconsejándome para ser perseverante en la vida, gracias por formar parte de esta etapa.

Índice General

| | |
|---|----|
| Agradecimiento ----- | 3 |
| Índice General ----- | 4 |
| Índice de Tablas ----- | 6 |
| Índice de Figuras ----- | 7 |
| Resumen ----- | 8 |
| Abstract ----- | 9 |
| I. Introducción ----- | 10 |
| 1.1. Descripción y formulación del problema | 11 |
| 1.1.1. Problema general | 12 |
| 1.1.2. Problemas específicos | 13 |
| 1.2. Antecedentes | 13 |
| 1.2.1. Nacionales | 13 |
| 1.2.2. Internacionales | 16 |
| 1.3. Objetivos | 18 |
| 1.3.1. Objetivo General | 18 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 19 |
| 1.4. Justificación | 19 |
| 1.4.1. Justificación Teórica | 19 |
| 1.4.2. Justificación Metodológica | 19 |
| 1.4.3. Justificación Social | 19 |
| 1.5. Hipótesis | 20 |
| 1.5.1. Hipótesis General: | 20 |
| 1.5.2. Hipótesis específicas: | 20 |
| II. Marco teórico ----- | 21 |
| 2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación ----- | 21 |
| 2.1.1. Calidad de agua ----- | 21 |
| 2.1.2. Contaminación de agua por plomo ----- | 21 |
| 2.1.3. Técnicas de remoción de plomo ----- | 22 |
| 2.1.4. Materiales empleados como sorbentes ----- | 24 |

| | |
|--|----|
| 2.1.5. Cinética de biosorción ----- | 25 |
| 2.2. Marco conceptual ----- | 26 |
| 2.2.1. Metal pesado ----- | 26 |
| 2.2.2. Potencial de hidrógenos (pH) ----- | 26 |
| 2.2.3. Marco Legal Ambiental ----- | 27 |
| III. Método ----- | 29 |
| 3.1. Tipo de investigación | 29 |
| 3.2. Ámbito temporal y espacial..... | 29 |
| 3.3. Variables | 29 |
| 3.4. Población y muestra..... | 31 |
| 3.5. Técnica e Instrumentos para la recolección de datos | 31 |
| 3.6. Procedimientos | 31 |
| 3.7. Análisis de datos | 33 |
| 3.8. Consideraciones Éticas | 33 |
| IV. Resultados ----- | 34 |
| 4.1. Determinación de la dosis óptima de biosorbentes para remoción de plomo | 34 |
| 4.1.1. Dosis óptima de Cascara de mandarina <i>Citrus Reticulata</i> ----- | 34 |
| 4.1.2. Dosis óptima de Cascara de maracuyá <i>Pasiflora Edulis</i> ----- | 39 |
| 4.2. Determinación de la eficiencia de biosorbentes para la remoción de plomo | 44 |
| 4.2.1. Eficiencia del biosorbente de cascara de mandarina <i>Citrus Reticulata</i> | 44 |
| 4.2.2. Eficiencia del biosorbente de cascara de maracuyá <i>Pasiflora Edulis</i> | 46 |
| V. Discusión de resultados ----- | 48 |
| VI. Conclusiones ----- | 50 |
| VII. Recomendaciones ----- | 51 |
| VIII. Referencias ----- | 52 |
| IX. Anexos ----- | 58 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1. Operacionalización de variables</i> _____ | 30 |
| <i>Tabla 2. Primer ensayo con biosorbente de cascara de mandarina</i> _____ | 34 |
| <i>Tabla 3. Segundo ensayo con biosorbente de cascara de mandarina</i> _____ | 36 |
| <i>Tabla 4. Tercer ensayo con biosorbente de cascara de mandarina</i> _____ | 37 |
| <i>Tabla 5. Primer ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá</i> _____ | 39 |
| <i>Tabla 6. Segundo ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá</i> _____ | 41 |
| <i>Tabla 7. Tercer ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá</i> _____ | 42 |
| <i>Tabla 8. Eficiencia del primer ensayo con biosorbente de cascara de mandarina</i> _____ | 44 |
| <i>Tabla 9. Eficiencia del segundo ensayo con biosorbente de cascara de mandarina</i> _____ | 45 |
| <i>Tabla 10. Eficiencia del Tercer ensayo con biosorbente de cascara de mandarina</i> _____ | 45 |
| <i>Tabla 8. Eficiencia del primer ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá</i> _____ | 46 |
| <i>Tabla 9. Eficiencia del segundo ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá</i> _____ | 47 |
| <i>Tabla 10. Eficiencia del Tercer ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá</i> _____ | 47 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1. Principios básicos involucrados en la eliminación de metales de soluciones acuosas por biomasa microbiana o productos derivados.</i> ----- | 24 |
| <i>Figura 2. Primer ensayo con biosorbente de cascara de mandarina</i> ----- | 35 |
| <i>Figura 3. Segundo ensayo con biosorbente de cascara de mandarina</i> ----- | 36 |
| <i>Figura 4. Tercer ensayo con biosorbente de cascara de mandarina</i> ----- | 38 |
| <i>Figura 5. Primer ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá</i> ----- | 40 |
| <i>Figura 6. Segundo ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá</i> ----- | 41 |
| <i>Figura 7. Tercer ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá</i> ----- | 43 |

Resumen

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar la capacidad de biosorción de la cascara de mandarina *Citrus Reticulata* y maracuyá *Pasiflora Edulis* para la remoción de plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio, para ello y para cada biosorbente se consideró 3 ensayos con dosis de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 g de biosorbente natural (cascara de mandarina *Citrus Reticulata* y maracuyá *Pasiflora Edulis*), así mismo la solución patrón para cada ensayo estuvo en función de 1 L de muestra sintética, donde las concentraciones de plomo fueron de 0.25, 0.5 y 1.0 mg/l, además de un pH de 7.0. El instrumento utilizado fue el test de jarras. De los resultados obtenido para la cascara de mandarina *Citrus Reticulata* en los tres ensayos se visualizó una reducción del contaminante plomo, obteniendo valores desde 0.182 hasta 0.079 mg/l para el primer ensayo con concentración inicial de Pb de 0.25, mientras que para una concentración inicial de Pb de 0.5 se obtuvo valores de reducción desde 0.208 hasta 0.138 mg/l, y finalmente para una concentración de inicial de Pb de 1.0 mg/l la reducción vario entre 0.440 hasta 0.319 siendo este último el ensayo con menos eficiencia ya que no se logró reducir de acuerdo a lo LMP. Por otro lado para el biosorbente con cascara de maracuyá *Pasiflora Edulis* en los tres ensayos se visualizó una reducción del contaminante plomo, obteniendo valores desde 0.091 hasta 0.067 mg/l para el primer ensayo con concentración inicial de Pb de 0.25, mientras que para una concentración inicial de Pb de 0.5 se obtuvo valores de reducción desde 0.118 hasta 0.145 mg/l, y finalmente para una concentración de inicial de Pb de 1.0 mg/l la reducción vario entre 0.231 hasta 0.189 logrando reducir el valor por debajo del LMP. Finalmente se concluyó ambos biosorbentes tienen la capacidad de reducción del contaminante plomo siendo que a más dosificación mejores resultados, así mismo el porcentaje de eficiencia obtenido fue de 72.4% para el biosorbente con cascara de mandarina *Citrus Reticulata* y 81.1% para el biosorbente con cascara de maracuyá *Pasiflora Edulis*.

Palabras claves: Biosorbente natural, plomo, muestra sintética, remoción, eficiencia.

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the biosorption capacity of Citrus Reticulata tangerine peel and passion fruit Pasiflora Edulis for the removal of lead in synthetic samples at laboratory level, for this purpose and for each biosorbent 3 trials were considered with doses of 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 g of natural biosorbent (tangerine peel Citrus Reticulata and passion fruit Pasiflora Edulis), likewise the standard solution for each test was based on 1 L of synthetic sample, where the lead concentrations were 0.25, 0.5 and 1.0 mg/l, in addition to a pH of 7.0. The instrument used was the jar test. From the results obtained for the Citrus Reticulata mandarin peel in the three tests, a reduction of the lead contaminant was visualized, obtaining values from 0.182 to 0.079 mg/l for the first test with an initial Pb concentration of 0.25, while for an initial Pb concentration of 0.5 mg/l, reduction values from 0.182 to 0.079 mg/l were obtained. 5, reduction values from 0.208 to 0.138 mg/l were obtained, and finally for an initial Pb concentration of 1.0 mg/l the reduction ranged from 0.440 to 0.319, this last test being the least efficient since it did not achieve the reduction according to the MPL. On the other hand, for the biosorbent with passion fruit Pasiflora Edulis peel, a reduction of the lead contaminant was visualized in the three trials, obtaining values from 0.091 to 0.067 mg/l for the first trial with an initial Pb concentration of 0.25 mg/l, while for an initial Pb concentration of 1.0 mg/l the reduction varied between 0.440 and 0.319, being the last trial the least efficient since it did not achieve a reduction according to the LMP. 25, while for an initial Pb concentration of 0.5, reduction values from 0.118 to 0.145 mg/l were obtained, and finally for an initial Pb concentration of 1.0 mg/l the reduction ranged from 0.231 to 0.189, reducing the value below the LMP. Finally, it was concluded that both biosolvents have the capacity to reduce the lead pollutant and that the higher the dosage, the better the results. Likewise, the efficiency percentage obtained was 72.4% for the biosorbent with mandarin Citrus Reticulata peel and 81.1% for the biosorbent with passion fruit Pasiflora Edulis peel.

Key words: Natural biosorbent, lead, synthetic sample, removal, efficiency.

I. Introducción

La presente tesis desarrolla una investigación sobre “Evaluación de la cascara de mandarina *Citrus Reticulata* y maracuyá *Pasiflora Edulis* como biosorbentes para la remoción de plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio, 2020” ya que, existe una abundante preocupación a nivel nacional e internacional por la contaminación que se genera por el metal pesado plomo, siendo las principales fuentes de contaminación de recurso hídrico, suelo, aire y seres humanos los directamente afectados.

La preocupación que se genera por la eliminación del plomo en los diversos recursos es debido al incremento del consumo y producción del metal Pb a nivel del mundo, siendo América Latina el productor en un 14% y siendo considerado importantes e indispensables para el desarrollo de la economía nacional; lo que ha dado lugar a grandes cantidades de contaminación de diversos factores como el suelo, agua, flora fauna y ser humano.

La intoxicación por plomo son unas de las constantes enfermedades tocadas por los profesionales de la salud y aunque ya se sabe cómo tratar las enfermedades por el Pb aún sigue la preocupación debido a que se presentan daños en presencia de exposiciones que antes eran considerados como aceptables.

Esta tesis está organizada de la siguiente manera:

- Partes iniciales: Carátula, Dedicatoria, Agradecimiento, Índice e Introducción. El contenido temático está dividido en los siguientes capítulos:
- Capítulo I: Introducción, que incluye la descripción del problema, formulación del problema general y problemas específicos, la búsqueda de los antecedentes nacionales e internacionales, presentación del objetivo general y objetivos específicos, así como la justificación e importancia del presente estudio.
- Capítulo II: Marco teórico. En la cual se detallan las bases teóricas sobre el tema de investigación.
- Capítulo III: Método. Que enfocan toda la metodología de la investigación: tipo de Investigación, ámbito temporal y espacial, variables, población y muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, procedimientos, análisis de datos y consideraciones éticas.

- Capítulo IV: Aspectos administrativos. Que incluye el cronograma de actividades, presupuesto y fuentes de financiamiento.
- Capítulo V: Referencias. Se presenta las Referencias bibliográficas utilizadas en la presente investigación.
- Capítulo VI. Anexos. Se anexa información que integra a la investigación.

1.1. Descripción y formulación del problema

Naturalmente, el plomo (plumbum, Pb) está incrustado en la corteza terrestre a una concentración de 0,016 g de Pb / kg de suelo, lo que lo convierte en un metal relativamente raro, y se libera desde allí al medio ambiente por meteorización geoquímica, procesos ígneos y desintegración radiactiva; donde, las diversas actividades humanas generan la eliminación de grandes cantidades de residuos que a menudo contienen altas concentraciones de metales pesados como el Pb, siendo este el metal pesado más abundante del mundo.

En general, su exposición puede deberse a numerosas fuentes, como la gasolina a base de plomo, los plomos de pesca, las actividades mineras y la industria. Sin embargo, el plomo de las municiones utilizadas por los cazadores se ha descrito como la fuente más importante que afecta la vida silvestre

Siendo uno de los más tóxicos que afecta a todos los organismos vivos, incluidos los seres humanos y fauna; causando problemas mundiales por su distribución y persistencia. Se estima que la exposición a él representa 143.000 muertes por año, lo que representa el 0,6% de la carga mundial de enfermedades

De acuerdo con Li et al. (2021), la contaminación por plomo no solo amenaza la salud de los animales, también de los seres humanos autóctonos por el efecto del enriquecimiento de la cadena alimentaria, también afecta directamente a la composición, abundancia y patrón de distribución de las comunidades microbianas ambientales. En los seres humanos los efectos que trae la intoxicación por plomo o plumbosis se da por la adsorción del 30 a 50% del total del Pb inhalado, el que genera desde problemas leves como dolor de cabeza, vómitos, cansancio o dolor articular, que se pueden quitar con tratamiento, hasta los problemas crónicos como el coma o la muerte.

La contaminación por plomo se da también en el suelo, debido a las actividades agrícolas generando también un riesgo de contaminación para las aguas subterráneas; los fertilizantes y aguas residuales tratadas que se utilizan para el riego, en parte, responsables del deterioro de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales.

Según García, S.I y Mercer, R. (2003), en Europa, el 70% del plomo utilizado anualmente se destina a la fabricación de baterías de plomo-ácido para automóviles. Esa actividad alcanza el 80% en Estados Unidos, en Brasil alcanza el 84% del consumo total de plomo, mientras que en Estados Unidos y otros países industrializados el reciclaje de baterías de plomo-ácido supera el 95%, en Brasil se estima en un 80%. Debido a ello y otras actividades industriales, el plomo se mantiene constante en el aire y medio ambiente, repercutiendo en la contaminación atmosférica, contaminación global de la biosfera y desencadenando en la salud pública.

Así también, en Perú estudios realizados desde el 2006, reportaron niveles elevados de plomo entre la población indígena del río Corrientes, en la cuenca amazónica de peruana; como fuente de exposición debido a la gran evidencia de contaminación ambiental relacionada con la explotación petrolera en el área; debido a ello se realizaron estudios de los niveles de plomo inorgánico encontrados en los pobladores de Lima, la capital, y Cerro de Pasco, una ciudad minera de las tierras altas, demostrando que incluso los niveles bajos de Pb pueden tener un impacto significativo en el cuerpo, incluidos los cambios en el ADNm. (Abdelwaheb et al., 2019).

En los niños, la exposición al Pb se ha asociado con una encefalopatía caracterizada por una degeneración de ciertas partes del cerebro, además, los niños expuestos al Pb pueden experimentar retraso en el crecimiento, disminución del coeficiente intelectual, deterioro de la capacidad de concentración y otros resultados adversos:

1.1.1. Problema general

- ¿Cuál es la capacidad de biosorción de la cascara de mandarina *Citrus Reticulata* y maracuyá *Pasiflora Edulis* para la remoción de Plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio, 2020?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la dosis óptima de la cascara de mandarina *Citrus Reticulata* como biosorbente natural para la remoción de plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio?
- ¿Cuál es la dosis óptima de la cascara de maracuyá *Pasiflora Edulis* como biosorbente natural para la remoción de plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio?
- ¿Cuál es la eficiencia de la cascara de mandarina *Citrus Reticulata* como biosorbente natural para la remoción de plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio?
- ¿Cuál es la eficiencia de la cascara de maracuyá *Pasiflora Edulis* como biosorbente natural para la remoción de plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Nacionales

Oré et al. (2015), en su investigación sobre “Biosorción de Pb (II) de aguas residuales de mina usando el marlo de maíz (*Zea mays*)”, planteó como uno de sus objetivos específicos de caracterizar al biosorbente, realizar pruebas de biosorción de Pb(II) desde soluciones acuosas y estudiar las variables de dosis del biosorbente, cinética, concentración inicial de Pb (II) y pH. Dentro de su metodología para determinar los parámetros cinéticos, los datos experimentales fueron correlacionados utilizando tres modelos matemáticos (Langergren, Pseudo Segundo Orden y Elovich); los datos experimentales de equilibrio fueron correlacionados utilizando dos modelos de dos parámetros: Langmuir y Freundlich. En cuanto a su conclusión, se tuvo que el modelo de las isothermas que tuvo mejor ajuste fue el de Langmuir, el cual indica una biosorción en monocapa con una capacidad máxima de saturación de 7,49 mg/g, y para la cinética el modelo que mejor se ajustó a los datos experimentales fue el de pseudo segundo orden, lo que indicó que el adsorbato se quimisorbe sobre la superficie del biosorbente y se logró remover el 97 % de Pb II contenido en las aguas residuales de mina, lo cual indica un método eficiente y económico para el tratamiento de aguas residuales con Pb(II).

Muñoz Carpio. J.C. (2007), en su investigación “Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja “*citrus cinensis*” pretratada”, donde planteó como objetivo específico investigación de la influencia de diferentes factores en la biosorción de Pb (II) por las partículas de cáscara de naranja reticulada, tales como: El pH, tamaño de partícula del biosorbente, peso de biosorbente, agitación. El método utilizado en esta investigación fue Cuantitativa – Aplicativa; para estudiar el efecto del pH en la biosorción de los iones Pb (II) por la cáscara de naranja *Citrus cinensis* se agregó 50 mL de una solución de Pb (II) de una solución madre a una concentración de 400 mg/L a 6 erlenmeyers, luego se pesó 0.5g de la cáscara de naranja pretratada de tamaño de partícula 180 a 250 μm (malla 60-80) luego se le agregó a cada erlenmeyer respectivamente, se realizaron las pruebas y estas se ajustaron a diferentes pH, con una agitación constante a 200 rpm durante 24 horas a una T° de $24 \pm 1^\circ\text{C}$, para que el sistema alcance el equilibrio; por último, se filtraron las muestras, para la determinación de Plomo en el filtrado se utilizó la técnica de Absorción Atómica. Obteniendo como conclusiones se determinó que el equilibrio se alcanzó a las 4 horas del inicio del proceso de biosorción logrando un porcentaje de remoción de Pb (II) del 40%. Los resultados de los experimentos en batch se procesaron con la ayuda de las ecuaciones de Langmuir y Freundlich. La máxima capacidad de biosorción de Pb (II) por la cáscara de naranja pretratada (q máximo) fue de 141.05 mg/g.

Mendoza V. y Molina F. (2015), en su estudio “BIOSORCIÓN DE Cd, Pb y Zn POR BIOMASA PRETRATADA DE ALGAS ROJAS, CÁSCARA DE NARANJA Y TUNA”, teniendo como objetivo determinar la capacidad de encapsulamiento de cada biomaterial. Dicha investigación señala que el estudio se desarrolló en 3 etapas y cada etapa por duplicado; se analizaron cuatro muestras de efluentes residuales derivados del proceso de extracción de carbón y almacenamiento de material estéril del área carbonífera ubicada en el sur del departamento de La Guajira. Con base en los valores obtenidos se prepararon las soluciones sintéticas multimetálicas empleadas en los diferentes ensayos realizados. Finalmente se concluye que En los ensayos de pretratamiento se obtuvo una mejor eficiencia de sorción al emplear biomasa modificada A1, N2 y T2, siendo este proceso más influyente en el caso del Zn. Así mismo, se observó que las biomasas de algas rojas, *Citrus sp* y *Opuntia sp* tienen la capacidad de remover porcentajes superiores al 90% de Cd y Pb sin requerir

modificación química, mientras que su capacidad para eliminar Zn se encuentra por debajo del 50% en ausencia de pretratamiento.

Borja et al. (2015), en su estudio titulado “ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE BIOSORCIÓN DE PLOMO (II) EN ALGA *Ascophyllum Nodosum*”, tuvo como objetivo encontrar el pH óptimo y el modelo matemático que represente mejor la cinética de biosorción de plomo en alga *Ascophyllum nodosum*. El método empleado en la investigación fue el sistema batch (discontinuo) el cual consiste en colocar un volumen determinado de la solución del metal en un frasco o Erlenmeyer, agregar un peso determinado del sólido adsorbente y colocarlo en un agitador durante un tiempo suficiente para que estén en contacto el adsorbente y los iones metálicos presentes en la solución; luego se filtra y determina en la solución filtrada la cantidad de metal no adsorbida en el sólido adsorbente. Concluyendo que, la estereoquímica y presencia de grupos funcionales en los desechos de la biomasa determinan la formación de sitios activos responsables de la biosorción; el tiempo de contacto entre el plomo (II) y el biosorbente para alcanzar las condiciones de equilibrio será grande (cerca de 500 min) en sistemas en donde la concentración de metal sea baja (menor a 25 ppm), pero para concentraciones mayores a 50 ppm se puede reducir hasta 120 min. Como es de esperarse, la capacidad de adsorción se ve favorecida con la disminución del tamaño de partícula y con el incremento de la concentración inicial del metal.

García et al. (2011), desarrolló un proyecto de investigación titulado “ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE BIOSORCIÓN DE IONES PLOMO EN PECTINA RETICULADA PROVENIENTE DE CÁSCARAS DE CÍTRICOS”, con el objetivo de encontrar el pH óptimo y el modelo matemático que represente mejor la cinética de biosorción de plomo en pectina reticulada extraída de cáscaras de naranja. Obteniendo como resultados que el rango de pH en el cual se obtuvo la máxima capacidad de sorción fue 4,5 – 5,5. En la mayoría de los casos el modelo matemático de cinética de pseudo primer orden se ajustó mejor que pseudo segundo orden a la cinética de biosorción de plomo en pectina, tanto para diferentes concentraciones iniciales del metal en la solución, como para diferentes cantidades de biosorbente. Concluyéndose que, la biosorción de especies catiónicas como el Pb en pectina se ve favorecida con el + incremento del pH; cuando la solución de plomo presenta mayor concentración aumenta la capacidad de sorción de la pectina en el equilibrio El modelo de pseudo primer orden describe con mayor exactitud la velocidad de quelación de la pectina con

el metal que pseudo segundo orden; sin embargo, la cinética de biosorción de plomo en pectina reticulada depende de las concentraciones tanto de biosorbente como del metal en la solución, lo que confirma que el proceso no obedece a una cinética de primer orden.

1.2.2. Internacionales

Tejada et al. (2016), en su investigación sobre “REMOCIÓN DE PLOMO POR BIOMASAS RESIDUALES DE CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) Y ZURO DE MAÍZ (*Zea mays*)”, en su estudio presenta como objetivo general: Analizar la adsorción como proceso para la remoción de plomo en aguas residuales industriales, usando biomasa residual, a partir de cáscara de naranja y zuro de maíz. Así el proceso de investigación fue realizar una comparación entre las biomاسas utilizadas, variando el tamaño de partícula y el pH, con el fin de determinar las mejores condiciones de adsorción. Obteniendo como conclusión que se encontró que las biomاسas presentaron mayor capacidad de adsorción a condiciones de tamaño de partícula de 0,5mm, para el zuro de maíz y 1mm, en la cáscara de naranja, a un pH de 6, con valores de remoción de 67,5% y 99,2%, respectivamente. Se utilizaron diferentes modelos para describir la cinética de adsorción de Pb (II), siendo el de mayor ajuste el modelo de pseudo primer orden.

Wen et al. (2018), en su investigación “Un nuevo biosorbente preparado por *Bacillus licheniformis* inmovilizado para la eliminación de plomo de las aguas residuales” presenta como objetivo principal Analizar las condiciones óptimas de preparación y adsorción del biosorbente preparado por *Bacillus licheniformis* para la eliminación de plomo de las aguas residuales. Donde el proceso metodológico consistió en introducir en el líquido de semilla la bacteria endofítica cultivada y amplificada; después se inoculó la suspensión de microbios en la mezcla esterilizada anteriormente, después los pellets se lavaron y los biosorbentes inmovilizados se utilizaron en la adsorción. Se concluye que Las mejores condiciones de adsorción fueron el pH fue 6, la dosis de biosorbente fue 0,7 g L y el tiempo óptimo de adsorción fue de 12 h. En las condiciones óptimas, la tasa de eliminación de iones de plomo de las aguas residuales podría alcanzar el 98%, la capacidad máxima de adsorción calculada podría ser de hasta 113,84 mg g. y el proceso de adsorción se ajustó a la cinética de pseudo-segundo orden y también fue una adsorción de monocapa de Langmuir.

Heraldy et al. (2018), en su investigación “Biosorbente de desechos de tomate y residuos de jugo de manzana para eliminar el plomo”, presenta como objetivo general: Determinar la capacidad de adsorción del bioadsorbentes de desechos de tomate y residuos de jugo de manzana para eliminar el plomo. Donde las estrategias empleadas en la metodología fueron inicialmente, para la preparación de los biosorbentes, los residuos de frutas fueron triturados, lavados varias veces con agua destilada y secados en el horno a 70°C. Durante 48 h hasta obtener el peso constante del biosorbente. Los residuos de frutas secas se trituraron y tamizaron a un tamaño de malla de 100. Todos los materiales de desecho de frutas se activaron con NaOH a temperatura ambiente. Los biosorbentes sintetizados se caracterizaron por FT-IR, SEM y analizador de superficie. Se optimizaron los efectos del tiempo de contacto, el pH de la solución y la dosis de sorbente en el proceso de eliminación de Pb (II). Concluyendo que la isoterma de Freundlich coincidió con los datos experimentales que el modelo de isoterma de Langmuir; la capacidad de eliminación de Pb (II) de los residuos de tomate y los residuos de biosorbentes de jugo de manzana es de 152 y 108 mg / g, respectivamente. Los resultados mostraron que los biosorbentes tienen la capacidad potencial de eliminar el plomo, que aumenta aún más después de su activación.

Khoshsang H., y Ghaffarinejad A. (2018), en su investigación “Eliminación rápida de iones de plomo (II) de soluciones acuosas mediante desechos de flor de azafrán como biosorbente verde”, teniendo como objetivo Analizar el efecto de algunos parámetros importantes como el pH de la solución, la concentración inicial, el método de mezcla y el tiempo sobre la eliminación de los iones de plomo. El estudio empleó como metodología ajustar el pH con HNO₃ y NaOH diluido; para la adsorción asistida por ultrasonidos, se utilizó un baño de ultrasonidos con un sistema de calentamiento a 37 kHz de frecuencia y 340 W de potencia. La cubeta era de acero inoxidable con un volumen máximo de 4,25 L. Para agitar las soluciones con la velocidad de 200 rpm, se utilizó un agitador modelo de Shimifann (Irán) y se utilizó un espectrómetro FT-IR, para identificar los grupos funcionales químicos en la superficie del biosorbente. Pudiéndose concluir de la investigación que, la capacidad máxima de adsorción es 36,97 mg g⁻¹ y 45,62 mg g⁻¹ para procesos ultrasónicos y de agitación, respectivamente. La optimización de isotermas que se ajusta mejor al modelo de Langmuir; por último, de acuerdo con el excelente tiempo de adsorción y rendimiento,

el biosorbente propuesto puede ser un buen candidato para la eliminación verde de iones Pb de las aguas residuales.

Sriharsha et al. (2017), desarrolló una investigación sobre “Hongos inmovilizados en *Luffa cylindrica*: un biosorbente eficaz para la eliminación del plomo”, con el fin de determinar la resistencia de 26 hongos aislados como biosorbente para la eliminación del plomo. Siguiendo como metodología, se diseñó un biosorbente cultivando estos aislados de hongos en una esponja de luffa en condiciones de agitación durante 72 h a 30 ° C. Obteniendo que Los métodos por lotes mostraron 56-63% de adsorción con *A. niger* y 44-59% con *A. terreus*. El biosorbente pretratado con NaOH mostró un aumento significativo en la adsorción de plomo dentro de los 3 min del tiempo de contacto exhibiendo 51% y 46% por *A. niger* y *A. terreus*, respectivamente.

Ge et al. (2015), Desarrolló un proyecto titulado “Un biosorbente de base de Mannich derivado de la lignina alcalina para la eliminación de plomo de una solución acuosa” la cual tuvo como fin identificar los efectos de las dosis, el tiempo de reacción, el pH y la temperatura de reacción sobre el contenido de nitrógeno del biosorbente de base de Mannich para la eliminación de plomo de una solución acuosa. Donde se obtuvo como resultados, que el contenido máximo de nitrógeno de la base de Mannich podría alcanzar el 8,32% La adsorción cinética sugirió que la AML poseía una adsorción rápida para Pb^{2+} y siguió un modelo de segundo orden. Los resultados del equilibrio de adsorción indicaron que el biosorbente de base de Mannich (AML) tenía una absorción máxima de 60,5 mg / g de Pb^{2+} , que era 4,2 veces mayor que el biosorbente de base de Mannich injertando lignina alcalina. El AML tiene un buen potencial para la limpieza de aguas residuales.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar la capacidad de biosorción de la cascara de mandarina *Citrus Reticulata* y maracuyá *Pasiflora Edulis* para la remoción de plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio, 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la dosis óptima de la cascara de mandarina *Citrus Reticulata* como biosorbente natural para la remoción de Plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio.
- Determinar la dosis óptima de la cascara de maracuyá *Pasiflora Edulis* como biosorbente natural para la remoción de Plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio.
- Determinar la eficiencia de la cascara de mandarina *Citrus Reticulata* como biosorbente natural para la remoción de Plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio.
- Determinar la eficiencia de la cascara de maracuyá *Pasiflora Edulis* como biosorbente natural para la remoción de Plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Teórica

Con la presente investigación buscamos dar a conocer cuál es la capacidad de biosorción de la cascara de mandarina *Citrus Reticulata* y maracuyá *Pasiflora Edulis*, así también, determinar la dosis óptima de cada materia prima para la remoción del plomo y su eficiencia de adsorción en la remoción del plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio.

1.4.2. Justificación Metodológica

La presente investigación busca obtener la validez y confiabilidad en base a las variables planteadas y los resultados obtenidos mediante el procesamiento y recolección de información.

1.4.3. Justificación Social

La presente investigación se justifica, debido a que es necesario desarrollar métodos económicos y ecológicos como los biosorbentes, para minimizar los residuos y eliminar los metales pesados como el plomo, ya que, existe una creciente e importante

contaminación de diferentes recursos naturales que trae consigo daños al medio ambiente y a la salud del ser humano.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General:

- La cascara de mandarina *Citrus Reticulata* y maracuyá *Pasiflora Edulis* presentan capacidad de biosorción para la remoción de Plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio, 2020.

1.5.2. Hipótesis específicas:

- La dosis óptima de la cascara de mandarina *Citrus Reticulata* como biosorbente natural presenta remoción de Plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio.
- La dosis óptima de la cascara de maracuyá *Pasiflora Edulis* como biosorbente natural presenta remoción de Plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio.
- La eficiencia de la cascara de mandarina *Citrus Reticulata* como biosorbente natural presenta remoción de Plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio.
- La eficiencia de la cascara de maracuyá *Pasiflora Edulis* como biosorbente natural presenta remoción de Plomo en muestras sintéticas a nivel de laboratorio

II. Marco teórico

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Calidad de agua

Aunque el agua es una necesidad fundamental para la vida, es uno de los recursos más amenazados del mundo por las actividades antropogénicas (industriales, urbanas y agrícolas) provocan el deterioro de la calidad de las fuentes de agua y perjudican su uso para el consumo, el riego, la pesca, el ocio y los fines domésticos e industriales (Valor M. (2020).

El aumento de la urbanización es uno de los principales cambios que afectan a los usos y cubiertas del suelo lo que provoca un aumento significativo de las superficies impermeables, siendo estos cambios los que alteran los procesos hidrológicos urbanos y tienen un impacto negativo en el medio acuático aguas abajo en el ecosistema urbano (Liu et al., 2021).

Además, Wang H. y Hu Y., (2017) señala que el riesgo de que los contaminantes de las aguas pluviales entren en la escorrentía superficial urbana es una de las principales preocupaciones relacionadas con la seguridad del suministro de agua urbana. Por otro lado, la calidad del agua se ve afectada también por las tierras de cultivo en actividades agrícolas, siendo demostrado mediante amplios estudios que han confirmado que las prácticas agrícolas degradan la calidad del agua de los ríos al aumentar la entrada de nutrientes, sedimentos y otros contaminantes (Yi et al., 2021).

2.1.2. Contaminación de agua por plomo

Hoy en día, la frecuencia de la contaminación en los sistemas de agua es un problema importante debido a los caudales de agua de mar, lagos o ríos; donde los diferentes tipos de contaminantes acuáticos, como los orgánicos, minerales y metales pesados, amenazan la calidad del agua, siendo los metales pesados como el plomo y el arsénico quienes pueden tener efectos tóxicos en humanos, plantas y animales; incluso a bajas concentraciones debido a su baja biodegradabilidad (Babazad et al., 2021).

La contaminación de los ecosistemas acuáticos es un problema global donde los países menos desarrollados carecen tanto del equipo como de la capacidad técnica para

detectar y monitorear la calidad del agua y, por lo tanto, están expuestos a la contaminación por metales pesados, siendo la mala gestión y la ausencia de tecnologías de tratamiento de residuos sólidos y líquidos en los países en desarrollo, los residuos generados por las actividades antropogénicas son vertidos en los cuerpos de agua y ríos cercanos que cruzan ciudades y sus límites (Astatkie et al. 2021).

Abokifa K. y Sela L. (2020) describen que las principales fuentes de contaminación del agua por plomo en algunos países de América vienen a ser las líneas de servicio de plomo (LSL), que son tuberías de plomo que conectan las tuberías de los hogares con la red de suministro de agua.

También el plomo es uno de los metales más presentes en el agua, generado por diversas industrias, siendo considerado como un contaminante de precedencia, donde su concentración máxima permitida debe ser de $10 \mu\text{g dL}^{-1}$ (Almeida et al., 1999).

Sabiendo que, el plomo es un metal pesado tóxico que plantea una multitud de riesgos para la salud; donde la implicación más destacada de la exposición al plomo es el deterioro de las funciones cognitivas e intelectuales de los fetos y los niños pequeños (Jusko et al. 2008).

Así también, Thomas et al. (2021) señala que la toxicidad del petróleo crudo se ha atribuido a su contenido de metales pesados, donde, los elementos como mercurio, cromo, arsénico, cadmio y plomo se encuentran entre los elementos comunes presentes en el petróleo siendo la exposición crónica a componentes tóxicos del petróleo crudo los que se han asociado con alteraciones en las funciones metabólicas normales del cuerpo con una variedad de efectos tóxicos adversos en varios órganos y sistemas, incluidos los sistemas inmunológico, hematológico, neurológico, dermatológico, pulmonar y hepatorenal.

2.1.3. Técnicas de remoción de plomo

Existen varios métodos para la remoción de contaminantes orgánicos como la salinidad, dureza y acidez del agua en aguas contaminadas tales como ósmosis inversa, electrodiálisis, precipitación química, intercambio iónico, extracción por solvente y reducción; también la destilación por membrana (MD), la combinación de métodos

térmicos y de membrana, se utiliza ampliamente para eliminar los contaminantes del agua (Chu et al. 2015).

Además, al ingresar al medio ambiente los metales pueden generar varios problemas que exigen soluciones prácticas; para ello se plantean métodos convencionales de remediación como la filtración, la precipitación o el intercambio de iones, aunque vienen a ser costosos y a veces ineficaces (Bojórquez et al. 2016).

Pero también existen métodos rentables y con mayores beneficios al ambiente como los sistemas biológicos o biosorbentes incluyendo bacterias, hongos o algas que son más baratos y más eficaces, especialmente cuando las concentraciones de metales son bajas (Yilmaz E. 2003).

Para ello, La adsorción es también una técnica mediante la cual los contaminantes pueden ser eliminados por la superficie adsorbente (Soria et al. 2020).

El proceso de adsorción que utiliza adsorbentes económicos es uno de los métodos para eliminar los contaminantes de las soluciones acuosas, donde, los materiales para la adsorción de los metales son a base de materiales naturales (Shamsollahi Z. y Partovinia A. (2019).

Por ellos, la adsorción mediante la biosorción resulta ser una de las tecnologías más prometedoras en la eliminación de metales pesados, no solamente por su bajo costo, sino porque se trata de un proceso rápido que permite tratar grandes volúmenes de agua con bajas concentraciones de metal en forma eficaz (Vera et al. 2016).

De acuerdo con Tsui et al. (2006) las ventajas que presenta los biosorbentes son: Selectividad ante metales pesados, económicos, capacidad de regeneración, no hay presencia de lodos durante su utilización, no necesita nutrientes ni productos metabólicos y los procesos no se basan por las limitaciones biológicas.

De acuerdo con Ale et al (2015) para determinar la cantidad de adsorción del metal se debe calcular mediante la capacidad de sorción (q), mediante la fórmula N°1:

$$q = \frac{v(C_0 - C_{eq})}{m}$$

Donde:

- q: Capacidad de adsorción (mg. g⁻¹)
- V: Volumen de la solución (L)
- C₀: Concentración inicial de plomo (ppm)
- C_{eq}: Concentración del residual de plomo en el equilibrio (ppm)
- m: Masa del biosorbente (g)

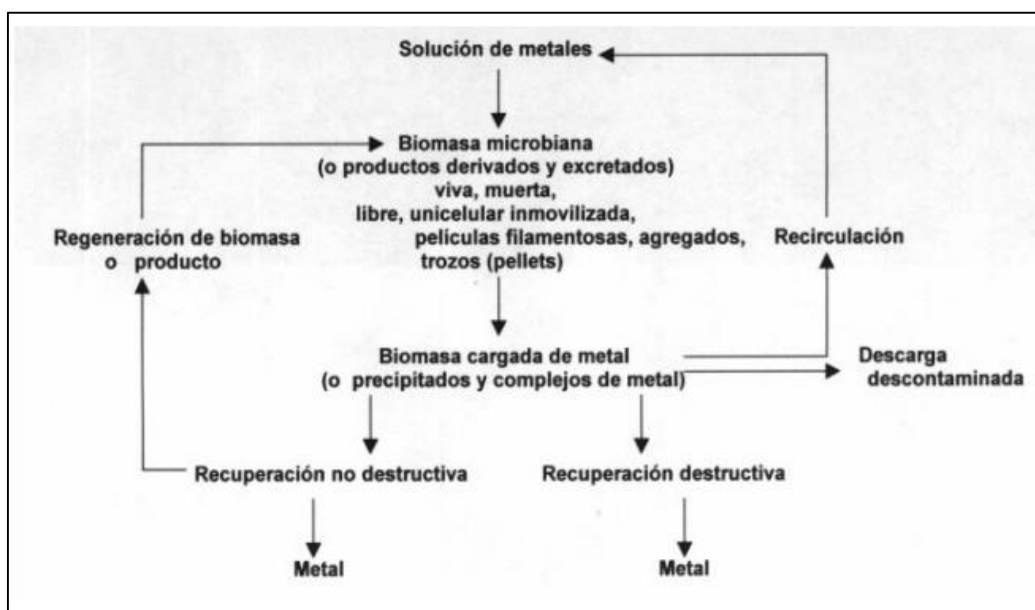
2.1.4. Materiales empleados como sorbentes

Hay varios ejemplos en los que se han utilizado recursos de desecho como precursores para el desarrollo de materiales absorbentes que tienen una amplia gama de aplicaciones; en este caso los sorbentes resultantes también varían en su estructura y propiedades, ya que algunos de ellos también se clasifican como nanomateriales. Los tipos de desechos utilizados como precursores varían ampliamente, como desechos industriales, biomasa, desechos de polímeros e incluso desechos electrónicos (Debnath et al., 2021).

El proceso de biosorción involucra una fase sólida (sorbente) y una fase líquida (solvente, que es normalmente el agua) que contiene las especies disueltas que van a ser sorbidas (sorbato, e. g. iones metálicos), como se muestra en la Figura N°1.

Figura 1.

Principios básicos involucrados en la eliminación de metales de soluciones acuosas por biomasa microbiana o productos derivados.



Nota: Extraído de: Cañizares V., 2000.

El uso de sorbentes naturales representa una opción adicional, donde las ventajas de utilizar sorbentes naturales para la extracción de contaminantes, incluyen su disponibilidad a partir de fuentes renovables, baja toxicidad y biodegradabilidad (Godage N. y Gionfriddo E., 2020).

- a) **Recursos naturales renovables:** De acuerdo con Iliná et al. (2009) en los recursos naturales renovables se encuentran los desechos orgánicos, como materia prima; siendo las cascaras de frutas.
- b) **Algas:** Las algas pertenecen a un grupo de aplicación múltiple, que puede contribuir a sectores importantes como la biosorción, Su uso principal es producir una amplia gama de metabolitos primarios y secundarios, siendo sugeridos las algas como materia prima potencial para la producción de bioenergía y biocombustible (Anastopoulos I. y Kyzas G. (2015).
- c) **Hongos:** Los hongos, incluyendo las levaduras, han recibido especial atención con relación a la biosorción de metales, particularmente porque la biomasa fúngica se origina como un subproducto de diferentes fermentaciones industriales (Sánchez et al., 2014).

Con respecto a ello, Acosta et al. (2007) en su investigación señala que las biomazas fúngicas remueven eficientemente el metal Cd en solución acuosa, siendo entre las más eficaces *M. rouxii*, *M. rouxii mutante*, *A. flavus-I*, *Helminthosporium sp*, *C. neoformans* y *A. fumigatus II*.

2.1.5. Cinética de biosorción

La cinética de biosorción muestra la tasa de unión de metales pesados en la superficie de las microalgas, donde, los estudios cinéticos proporcionan información detallada sobre el proceso de biosorción, que comprende tanto la difusión como la reacción química, también proporciona una comprensión del transporte de iones metálicos al biosorbente (Tripathi et al., 2019).

De acuerdo con Kumar et al. (2015) se compone principalmente de cuatro pasos:

- Paso 1: La difusión externa (el metal se difunde desde la solución a la superficie externa de la biomasa de microalgas que actúa como sorbente).

- Paso 2: El transporte del metal a través de la superficie celular.
- Paso 3: La transferencia de metal a la superficie celular.
- Paso 4: Absorción de metal por los sitios activos

La cinética de la biosorción se describe generalmente mediante modelos de reacción de pseudoprimer orden y pseudo-segundo orden. Donde el modelo de pseudoprimer orden predice que la tasa de biosorción está directamente relacionada con el número de sitios libres disponibles en la superficie del biosorbente (Fomina M. y Gadd G. (2014).

2.2. Marco conceptual

Para llevar a cabo la evaluación de la cascara de mandarina *citrus reticulata* y maracuyá *pasiflora edulis* como biosorbentes para la remoción de plomo, se consideraron diversos parámetros, los cuales se detallan a continuación:

2.2.1. Metal pesado

El término metales pesados generalmente se refiere a elementos con una densidad superior a 5,0 mg / kg, que se encuentran ampliamente distribuidos en el suelo, el agua y la atmósfera. Los metales pesados incluyen principalmente elementos con toxicidad biológica significativa como Cd, Pb, As y Hg (Yu et al., 2021).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera al Cd, Pb, As, Cr y Hg como contaminantes alimentarios importantes que deben ser estudiados y regulados (Sevindik A. y Selamoglu Z., 2018).

2.2.2. Potencial de hidrógenos (pH)

El pH que significa potencial de hidrógeno o hidrogeniones, es el parámetro que se mide con mayor frecuencia en química, particularmente en química analítica; esto se debe a que el pH influye en la posición de equilibrio químico de la mayoría de reacciones químicas en soluciones acuosas, y esto también puede extenderse a otros medios. En varios casos, el pH también influye en la cinética de la reacción, cambiando la velocidad y actuando como catalizador (Glab S. y Gulanicki A., 2005).

El pH es uno de los factores importantes que afectan el desempeño de la coagulación, es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en solución y también se denomina grado de acidez o alcalinidad. A medida que cambia el pH de una muestra, pueden ocurrir muchos procesos de precipitación, coprecipitación y sorción que alteran la composición química de la muestra y las velocidades de reacción (Trick J. y Reeder S., 2008).

2.2.3. Marco Legal Ambiental

- Ley N°30588, es la Ley de Reforma Constitucional que reconoce el derecho al agua como derecho constitucional que incorpora el artículo 7°-A en la Constitución Política del Perú. y es la ley donde el estado reconoce el derecho de toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable. El Estado garantiza este derecho priorizando el consumo humano sobre otros usos.
- Decreto Supremo N° 007-2010-AG, de acuerdo con el MINAGRI, este decreto brinda la protección de la calidad de los recursos hídricos y declaran de interés nacional la protección de la calidad del agua en las fuentes naturales y sus bienes asociados, con el objeto de prevenir el peligro de daño grave o irreversible que amenace a dichas fuentes y la salud de las actuales y futuras generaciones.
- Resolución Jefatural N° 0201-2009-ANA. Establecen disposiciones para la implementación de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, en cuanto se refiere al establecimiento del valor y cobranza de las retribuciones económicas por el uso de agua para el 2009. Que según el artículo 91° de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N°29338, señala que la retribución económica por el uso del agua es el pago que en forma obligatoria deben abonar al estado todos los usuarios de agua como contraprestación por el uso del recurso, y es establecida por la Autoridad Nacional del Agua en función de criterios sociales, ambientales y económicos. Además, se menciona que la retribución económica que pagaran las organizaciones comunales responsables de la prestación de los servicios será de S/ 50.00 nuevos soles y para la cobranza del agua con fines mineros.
- Ley N° 28611 del MINAM, es la Ley General del Ambiente, donde el estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria de reuso sin

afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizan. Además, regula los vertimientos autorizándolas, siempre y cuando el cuerpo receptor lo permita.

- Ley N° 26821 - Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Aplica a las aguas residuales y los residuos líquidos que se incorporen al manejo de las mismas, de acuerdo a la legislación de la materia, cuya regulación es competencia de la Autoridad Nacional del Agua y del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en el ámbito de sus respectivas funciones y atribuciones.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias. Es el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.
- El Decreto Legislativo N° 1083-2008-ANA promueve el aprovechamiento eficiente y la conservación de los recursos hídricos declarando como necesidad pública y de interés nacional la conservación de los recursos hídricos, así como su aprovechamiento eficiente. Para lo cual presenta como objetivo promover el aprovechamiento eficiente y la conservación de los recursos hídricos, incentivando el desarrollo de una cultura de uso eficiente de dichos recursos entre los usuarios y operadores de infraestructura, pública o privada mediante el presente decreto legislativo. La Autoridad Nacional del Agua, fija los parámetros de eficiencia para el aprovechamiento de los recursos hídricos, los cuales son requisitos máximos y mínimos aplicables a cada tipo y forma de uso del recurso; brindando así la certificación de aprovechamiento eficiente, el cual la Autoridad Nacional del Agua certifica el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos por parte de los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica, pública o privada.

III. Método

3.1. Tipo de investigación

EL diseño de investigación es de tipo experimental puro. Dado a que en la investigación se va a manipular intencionalmente la variable independiente, en este caso los biosorbentes naturales de cascaras de mandarina y maracuyá, para poder observar los efectos en la variable dependiente.

La investigación fue definida con enfoque cuantitativo, de tipo cuantitativa – aplicada de nivel descriptivo correlacional y el diseño como no experimental- longitudinal.

3.2. Ámbito temporal y espacial

Temporal: El ámbito temporal del presente trabajo, muestra que el inicio de la investigación se realizará en el mes de febrero a mayo del año 2020.

Espacial: En el ámbito espacial, la investigación será aplicada y procesada con información obtenida de las cáscaras de mandarina y maracuyá, en el laboratorio de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

3.3. Variables

En la Tabla N° 1 se detalla el cuadro de operacionalización de variables, en la cual se detallan las variables de la investigación.

Tabla 1.

Operacionalización de variables

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala |
|---|--|--|---|-----------------------|--------|
| Variable dependiente | El Pb es un metal pesado que aparece de manera natural en la corteza terrestre, sin embargo, fue su uso antropológico el que hizo que las concentraciones de plomo aumentaran de manera considerable en el medio ambiente generando problemas en la salud y los recursos agua, suelo y aire, generando diversos tratamientos para su remoción (Llop et al., 2012). | La remoción de plomo de la muestra sintética fue realizada mediante el test de jarras, en la cual se dispuso el agua en conjunto con el biosorbente de cascara de mandarina y maracuyá. De tal modo que se determinaron tiempos y dosis en el proceso para definir los más aptos. | Eficiencia de remoción de Pb | Concentración inicial | mg/L |
| Remoción de plomo | | | | Concentración final | mg/L |
| Variable independiente | Los biosorbentes son materiales que se encuentran en gran cantidad y pueden ser de origen orgánico y captan metales mediante el proceso de biosorción (Gutiérrez et al. 2015). | Se realizará la recolección de cascara de mandarina y maracuyá, seguidamente será lavada y desinfectada para el secado, luego pasará por un proceso de trituración hasta la obtención de una consistencia apta, seguidamente se pondrá en recipientes identificados para su posterior uso. | Biosorbente con cascara de mandarina (<i>citrus reticulata</i>) | Dosis | g |
| Eficiencia de la cáscaras de mandarina y maracuyá como biosorbente | | | | pH | - |
| | | | | Dosis | g |
| | | | Biosorbente con cascara de maracuyá (<i>pasiflora edulis</i>) | pH | - |

3.4. Población y muestra

Alan y Cortez (2017), definen como población o universo al conjunto de todos los sujetos, elementos o casos a investigar, y los cuales poseen características relevantes que permiten contribuir a la información a estudiar, por otro lado, refieren que la muestra es el subgrupo o una parte representativa de la población (p.103-104).

Ante ello, para el presente estudio la población está dada por la muestra sintética preparada a nivel laboratorio, es decir 50 litros de agua contaminada con plomo, de la cual la muestra representativa fue de 20 litros analizado durante el proceso de remoción.

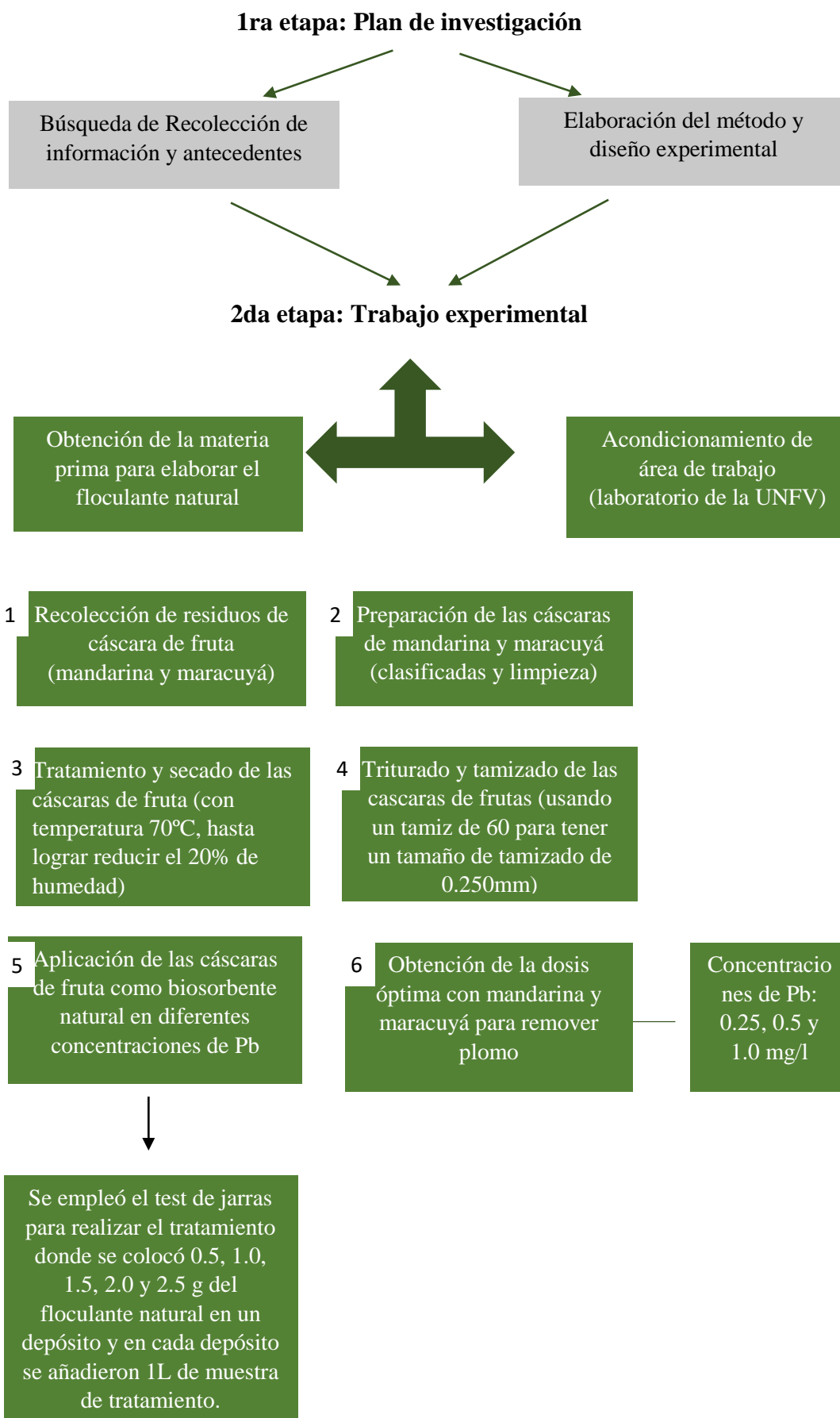
3.5. Técnica e Instrumentos para la recolección de datos

La técnica aplicada para la recolección de datos se basó en el muestreo de la matriz de estudio, posteriormente su análisis y la aplicación de absorción atómica para lograr definir los objetivos propuestos.

Por otro lado, fue necesario la aplicación de instrumentos que permitan recolectar los datos e información de interés, para ello el presente estudio planteo el uso de una ficha textual para la descripción de antecedentes y extracción de información relevante de ellos, así mismo una ficha de recolección de datos, y la estadística para reportar los valores, datos, características, etc., de las reacciones dadas en la experimentación.

3.6. Procedimientos

El procedimiento desarrollado para el estudio fue mediante procedimientos experimentales tal como se describen en el siguiente diagrama de procesos.



3.7. Análisis de datos

Los datos obtenidos en el laboratorio de los tres primeros ensayos con tratamiento de mandarina y los tres primeros ensayos con tratamiento de maracuyá serán comparados con el fin de determinar la dosis óptima para la remoción de Pb con una concentración diferente

3.8. Consideraciones Éticas

El presente trabajo de investigación cumple con los aspectos éticos, cumpliendo con los derechos de autoría de los estudios utilizados en los antecedentes y teorías del presente estudio, cumpliendo con las citas adecuadas de acuerdo a las normas APA-Versión 7, de igual manera se colocarán los resultados obtenidos con la total transparencia, sin manipular su contenido.

IV. Resultados

4.1. Determinación de la dosis óptima de biosorbentes para remoción de plomo

4.1.1. Dosis optima de Cascara de mandarina *Citrus Reticulata*

En relación al primer objetivo planteado, se muestran los resultados obtenidos en la remoción de Plomo utilizando como floculante natural la cascara de mandarina. Para dicho tratamiento se utilizaron tres concentraciones diferentes del metal plomo: 0.25, 0.5 y 1.0 mg/l, de tal modo que se concretaron 3 ensayos, a fin de determinar la dosis óptima para cada concentración en particular. Cabe agregar que se probaron 5 dosis del biosorbente a: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 g.

- **Primer ensayo:** En la siguiente tabla se muestran los tres resultados del primer ensayo, el cual consistió en una corrida inicial y luego complementadas con dos repeticiones más. Teniendo como valores iniciales de las variables del ensayo las siguientes:

Volumen: 1L por muestra de tratamiento

PH inicial: 7.1

Concentración inicial de Pb: 0.25 mg/l

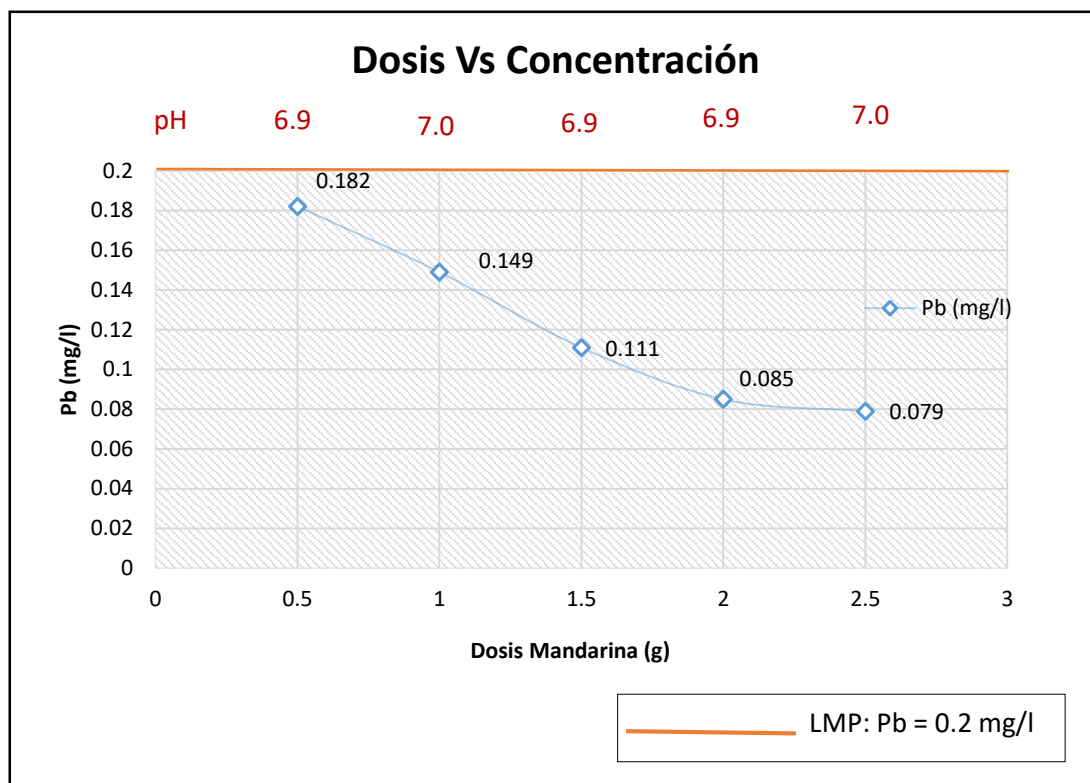
Tabla 2.

Primer ensayo con biosorbente de cascara de mandarina

| MUESTRA | DOSIS DE MANDARINA (g) | | | | |
|----------------------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Concentración inicial Pb (mg/l) | | | 0.25 | | |
| pH | 6.9 | 7.0 | 6.9 | 6.9 | 7.0 |
| Concentración final de Pb (mg/l) | 0.181 | 0.149 | 0.111 | 0.085 | 0.079 |
| Repeticiones | | | | | |
| 1 | 0.182 | 0.150 | 0.110 | 0.084 | 0.079 |
| 2 | 0.182 | 0.149 | 0.111 | 0.085 | 0.078 |
| PROMEDIO | 0.182 | 0.149 | 0.111 | 0.085 | 0.079 |

Figura 2.

Primer ensayo con biosorbente de cascara de mandarina



De acuerdo al primer ensayo realizado, se puede apreciar en la figura 1, que al trabajar con una concentración inicial de 0.25 mg/l de Plomo, los niveles empiezan a descender hasta alcanzar un valor final de 0.079 mg/l con la dosis de 2.5 g del floculante. Se puede apreciar que al trabajar con todas las dosis de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 g, se logra estar por debajo del Límite Máximo Permisible (0.2 mg Pb/l), siendo para todos los casos dosis óptimas, sin embargo, el valor más bajo (0.079 mg/l) se alcanza con la **dosis de 2.5 g de floculante.**

- **Segundo ensayo:** En la siguiente tabla se muestran los tres resultados del segundo ensayo, el cual consistió en una corrida inicial y luego complementadas con dos repeticiones más. Teniendo como valores iniciales de las variables del ensayo las siguientes:

Volumen: 1L por muestra de tratamiento

pH inicial: 6.9

Concentración inicial de Pb: 0.5 mg/l

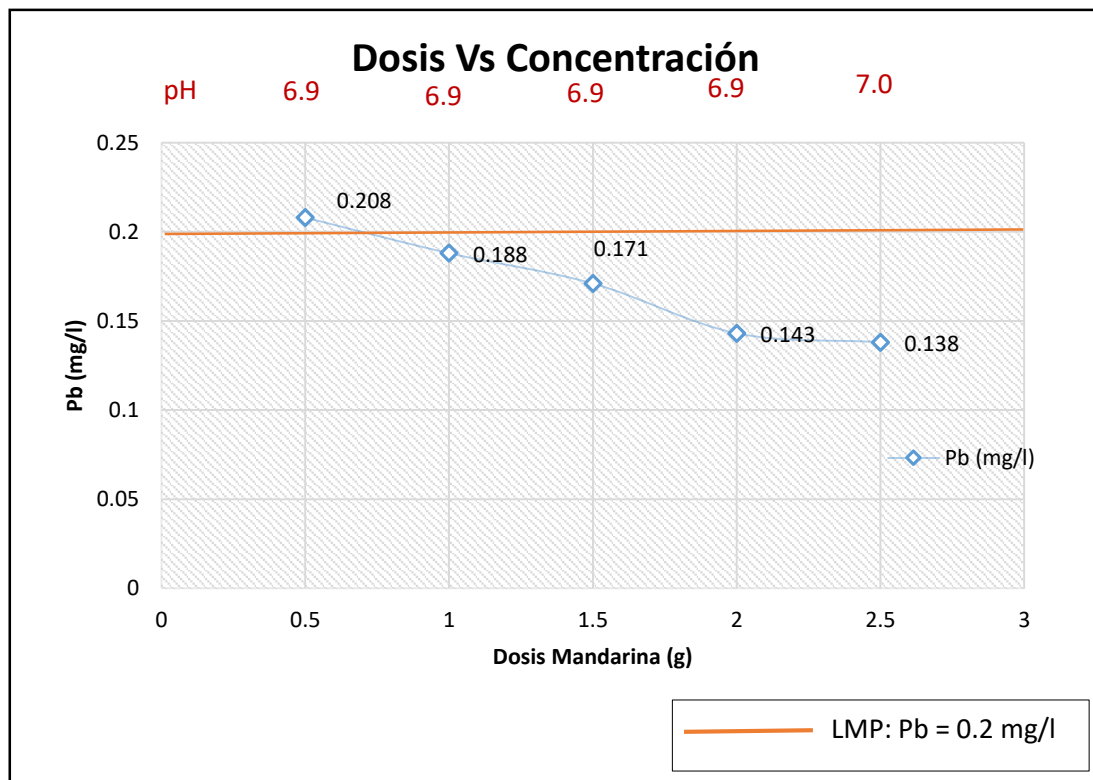
Tabla 3.

Segundo ensayo con biosorbente de cascara de mandarina

| MUESTRA | DOSIS DE MANDARINA (g) | | | | |
|----------------------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Concentración inicial Pb (mg/l) | 0.5 | | | | |
| pH | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 7.0 |
| Concentración final de Pb (mg/l) | 0.208 | 0.188 | 0.171 | 0.143 | 0.139 |
| Repeticiones | | | | | |
| 1 | 0.208 | 0.189 | 0.172 | 0.143 | 0.138 |
| 2 | 0.207 | 0.188 | 0.171 | 0.144 | 0.138 |
| PROMEDIO | 0.208 | 0.188 | 0.171 | 0.143 | 0.138 |

Figura 3.

Segundo ensayo con biosorbente de cascara de mandarina



De acuerdo al segundo ensayo realizado, se observa que al trabajar con una concentración inicial de 0.5 mg/l de Plomo, los niveles empiezan a descender hasta alcanzar un valor final de 0.138 mg/l con la dosis de 2.5 g del floculante. Se puede apreciar que al trabajar con la dosis de 0.5 g, no se logra estar por debajo del Límite Máximo Permissible (0.2 mg Pb/l), sin embargo, al trabajar con las dosis de 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 g de floculante se logra reducir la concentración de Plomo hasta lograr estar por debajo del LMP. Es importante indicar que el nivel más bajo se alcanza con la dosis de 2.5 g, el cual reduce el Plomo hasta una **concentración final de 0.138 mg/l**.

- **Tercer ensayo:** En la siguiente tabla se muestran los tres resultados del tercer ensayo, el cual consistió en una corrida inicial y luego complementadas con dos repeticiones más. Teniendo como valores iniciales de las variables del ensayo las siguientes:

Volumen: 1L por muestra de tratamiento

pH inicial: 7.0

Concentración inicial de Pb: 1.0 mg/l

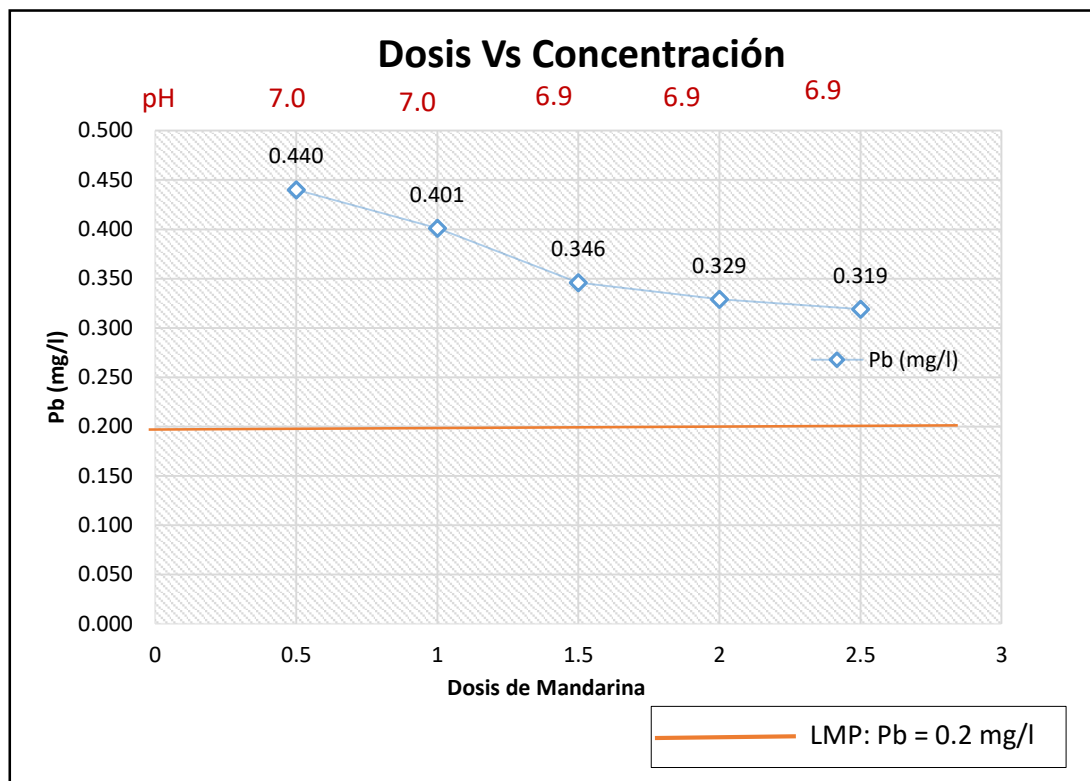
Tabla 4.

Tercer ensayo con biosorbente de cascara de mandarina

| MUESTRA | DOSIS DE MANDARINA (g) | | | | |
|----------------------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Concentración inicial Pb (mg/l) | 1.0 | | | | |
| pH | 7.0 | 7.0 | 6.9 | 6.9 | 6.9 |
| Concentración final de Pb (mg/l) | 0.440 | 0.401 | 0.346 | 0.329 | 0.319 |
| Repeticiones | | | | | |
| 1 | 0.441 | 0.401 | 0.346 | 0.329 | 0.319 |
| 2 | 0.440 | 0.402 | 0.345 | 0.328 | 0.318 |
| PROMEDIO | 0.440 | 0.401 | 0.346 | 0.329 | 0.319 |

Figura 4.

Tercer ensayo con biosorbente de cascara de mandarina



De acuerdo al tercer ensayo realizado, se puede apreciar que al trabajar con una concentración inicial de 1.0 mg/l de Plomo, los niveles empiezan a descender hasta alcanzar un valor final de 0.319 mg/l con la dosis de 2.5 g del floculante. De la figura también se puede apreciar que al trabajar con todas las dosis de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 g, no se logra estar por debajo del Límite Máximo Permissible (0.2 mg Pb/l), motivo por el cual no se cuenta con una dosis óptima, sin embargo, si se aprecia que hay una reducción significativa de la concentración de Plomo según se incrementan las dosis del floculante (1.0 a 0.319 mg/l).

4.1.2. Dosis optima de Cascara de maracuyá *Pasiflora Edulis*

De acuerdo al segundo objetivo planteado, se muestran los resultados obtenidos en la remoción de Plomo utilizando como floculante natural la cascara de maracuyá. Para dicho tratamiento se utilizaron tres concentraciones diferentes del metal plomo: 0.25, 0.5 y 1.0 mg/l, de tal modo que se concretaron 3 ensayos, a fin de determinar la dosis óptima para cada concentración en particular. Cabe agregar que se probaron 5 dosis del biosorbente a: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 g.

- **Primer ensayo:** En la siguiente tabla se muestran los tres resultados del primer ensayo, el cual consistió en una corrida inicial y luego complementadas con dos repeticiones más. Teniendo como valores iniciales de las variables del ensayo las siguientes:

Volumen: 1L por muestra de tratamiento

pH inicial: 6.9

Concentración inicial de Pb: 0.25 mg/l

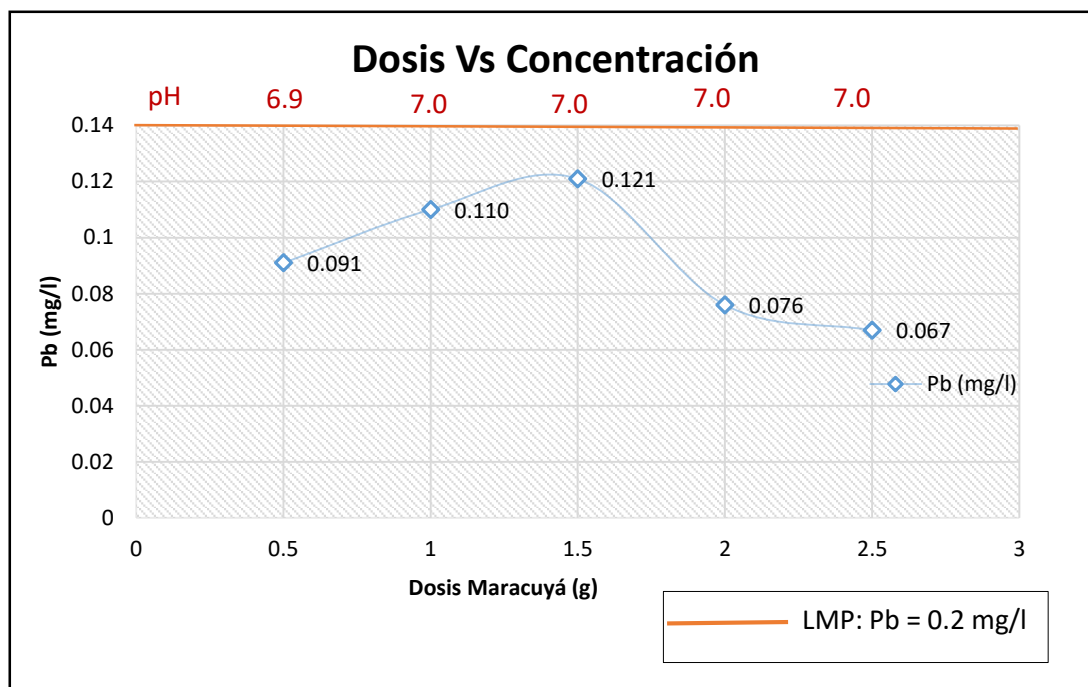
Tabla 5.

Primer ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá

| MUESTRA | DOSIS DE MARACUYÁ (g) | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Concentración inicial Pb (mg/l) | 0.25 | | | | |
| pH | 6.9 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 |
| Concentración final de Pb (mg/l) | 0.090 | 0.110 | 0.121 | 0.076 | 0.067 |
| Repeticiones | | | | | |
| 1 | 0.091 | 0.109 | 0.120 | 0.075 | 0.067 |
| 2 | 0.091 | 0.110 | 0.121 | 0.076 | 0.066 |
| PROMEDIO | 0.091 | 0.110 | 0.121 | 0.076 | 0.067 |

Figura 5.

Primer ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá



De acuerdo al primer ensayo realizado, se puede apreciar que al trabajar con una concentración inicial de 0.25 mg/l de Plomo y una dosis de 0.5 g de floculante el nivel se reduce hasta 0.091 mg/l, sin embargo, al trabajar con las dosis de 1.0 y 1.5 g los niveles tienden a incrementarse hasta 0.110 y 0.121 mg/l. De la figura también se puede observar que al trabajar con las dosis de 2.0 y 2.5 g, los niveles de Plomo se reducen hasta alcanzar los valores más bajos de 0.076 y 0.067 mg/l. Así mismo, se tiene que para todas las dosis se logra estar por debajo del Límite Máximo Permisible (0.2 mg Pb/l), motivo por el cual todas las dosis son óptimas, sin embargo, la dosis de 2.5 g de floculante, es quien logra reducir el Plomo hasta alcanzar la **concentración más baja de 0.067 mg/l**.

- **Segundo ensayo:** En la siguiente tabla se muestran los tres resultados del segundo ensayo, el cual consistió en una corrida inicial y luego complementadas con dos repeticiones más. Teniendo como valores iniciales de las variables del ensayo las siguientes:

Volumen: 1L por muestra de tratamiento

pH inicial: 7.0

Concentración inicial de Pb: 0.5 mg/l

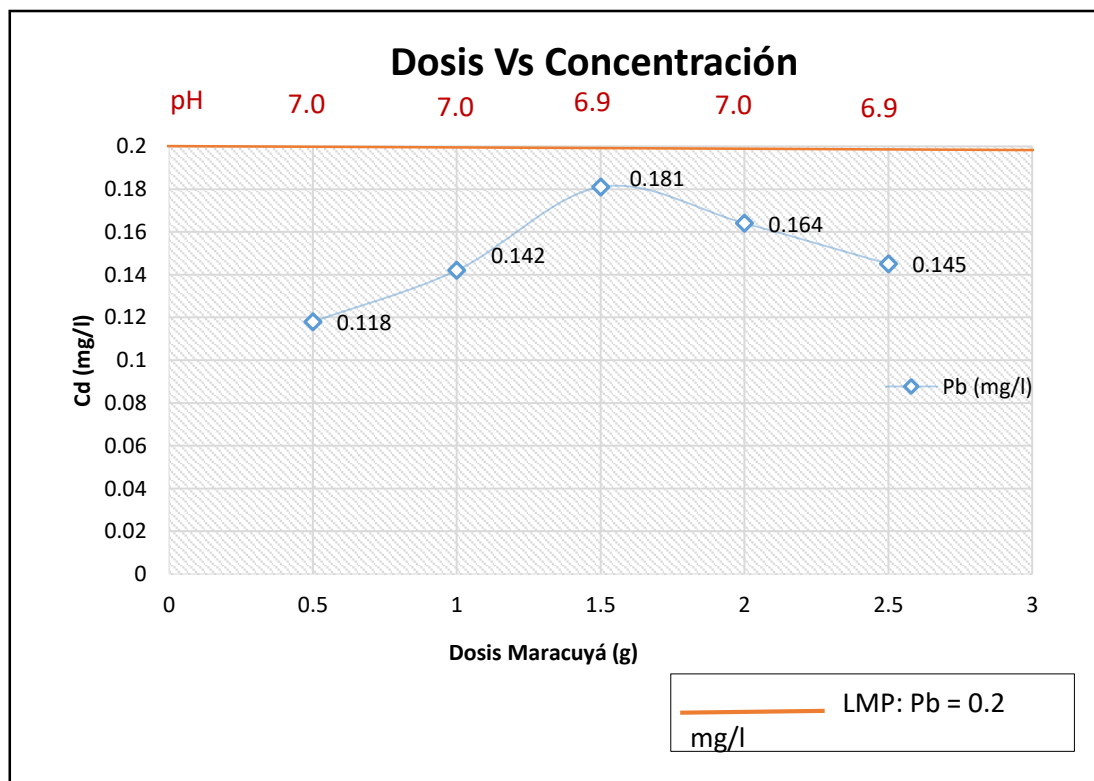
Tabla 6.

Segundo ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá

| MUESTRA | DOSIS DE MARACUYÁ (g) | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Concentración inicial Pb (mg/l) | 0.5 | | | | |
| pH | 7.0 | 7.0 | 6.9 | 7.0 | 6.9 |
| Concentración final de Pb (mg/l) | 0.118 | 0.142 | 0.181 | 0.164 | 0.145 |
| Repeticiones | | | | | |
| 1 | 0.117 | 0.142 | 0.180 | 0.164 | 0.145 |
| 2 | 0.118 | 0.141 | 0.181 | 0.163 | 0.144 |
| PROMEDIO | 0.118 | 0.142 | 0.181 | 0.164 | 0.145 |

Figura 6.

Segundo ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá.



De acuerdo al segundo ensayo realizado, se puede apreciar que al trabajar con una concentración inicial de 0.5 mg/l de Plomo y una dosis de 0.5 g de floculante el nivel se reduce hasta 0.118 mg/l, sin embargo, al trabajar con las dosis de 1.0 y 1.5 g los niveles tienden a incrementarse hasta 0.142 y 0.181 mg/l. De la figura también se puede observar que al trabajar con las dosis de 2.0 y 2.5 g, los niveles de Plomo se reducen hasta alcanzar los valores más bajos de 0.164 y 0.145 mg/l. Así mismo, se tiene que para todas las dosis se logra estar por debajo del Límite Máximo Permisible (0.2 mg Pb/l), motivo por el cual todas las dosis son óptimas, sin embargo, la dosis de 2.5 g de floculante, es quien logra reducir el Plomo hasta alcanzar la concentración más baja de **0.145 mg/l**.

- **Tercer ensayo:** En la siguiente tabla se muestran los tres resultados del tercer ensayo, el cual consistió en una corrida inicial y luego complementadas con dos repeticiones más. Teniendo como valores iniciales de las variables del ensayo las siguientes:

Volumen: 1L por muestra de tratamiento

pH inicial: 7.0

Concentración inicial de Pb: 1.0 mg/l

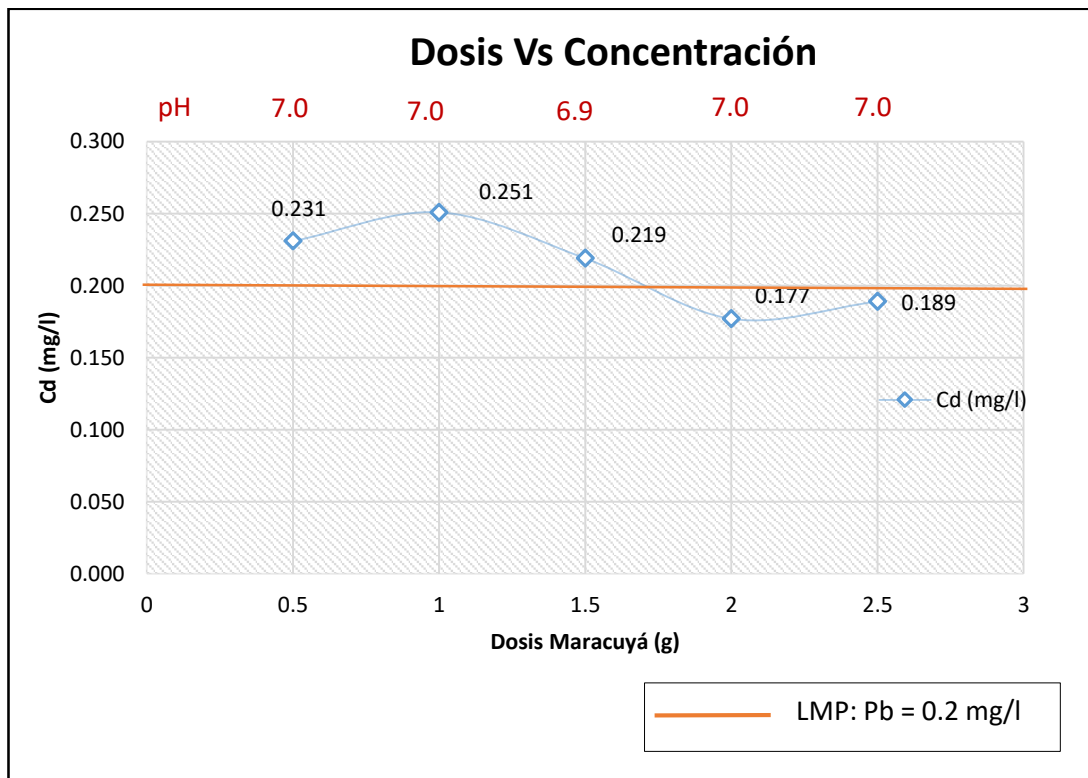
Tabla 7.

Tercer ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá.

| MUESTRA | DOSIS DE MARACUYÁ (g) | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Concentración inicial Pb (mg/l) | 1.0 | | | | |
| pH | 6.9 | 7.0 | 6.9 | 7.0 | 7.0 |
| Concentración final de Pb (mg/l) | 0.231 | 0.251 | 0.219 | 0.177 | 0.189 |
| Repeticiones | | | | | |
| 1 | 0.231 | 0.250 | 0.219 | 0.177 | 0.188 |
| 2 | 0.230 | 0.251 | 0.218 | 0.176 | 0.189 |
| PROMEDIO | 0.231 | 0.251 | 0.219 | 0.177 | 0.189 |

Figura 7.

Tercer ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá.



De acuerdo al tercer ensayo realizado, se puede apreciar que al trabajar con una concentración inicial de 1.0 mg/l de Plomo y una dosis de 0.5 g de floculante el nivel se reduce hasta 0.231 mg/l, sin embargo, al trabajar con una dosis de 1.0 g el nivel tiende a incrementarse hasta 0.251 mg/l. De la figura también se puede observar que al trabajar con las dosis de 1.5, 2.0 y 2.5 g, los niveles de Plomo se reducen hasta alcanzar los valores más bajos de 0.219, 0.177 y 0.189 mg/l. Así mismo, se tiene que solo para dos dosis se logra estar por debajo del Límite Máximo Permissible (0.2 mg Pb/l), para 2.0 y 2.5 g de floculante, siendo éstas las más óptimas en la reducción de Plomo alcanzando las concentraciones más bajas de 0.177 y 0.189 mg/l respectivamente.

4.2. Determinación de la eficiencia de biosorbentes para la remoción de plomo

4.2.1. Eficiencia del biosorbente de cascara de mandarina *Citrus Reticulata*

De acuerdo al tercer objetivo planteado, se determinaron las eficiencias finales de cada una de las dosis de cascara de mandarina para cada tratamiento y ensayos correspondientes. A continuación, se muestran los resultados de los tres ensayos correspondiente al tratamiento con cascara de mandarina como floculante natural.

- **Primer ensayo:** En la siguiente tabla se muestran los tres resultados del primer ensayo, el cual presento una concentración inicial de 0.25 mg/l y concentraciones finales promedio de 0.182, 0.149, 0.111, 0.085 y 0.079 mg/l de Plomo, de acuerdo a cada dosis utilizada de floculante:

Tabla 8.

Eficiencia del primer ensayo con biosorbente de cascara de mandarina,

| VARIABLES | MUESTRAS | | | | |
|----------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------------|
| Concentración inicial Pb (mg/l) | 0.25 | | | | |
| Dosis de mandarina (g) | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Concentración final de Pb (mg/l) | 0.182 | 0.149 | 0.111 | 0.085 | 0.079 |
| Eficiencia (%) | 27.2 | 40.4 | 55.6 | 66.0 | 68.4 |

- **Segundo ensayo:** En la siguiente tabla se muestran los tres resultados del segundo ensayo, el cual presento una concentración inicial de 0.5 mg/l y concentraciones finales promedio de 0.208, 0.188, 0.171, 0.143 y 0.138 mg/l de Plomo, de acuerdo a cada dosis utilizada de floculante:

Tabla 9.

Eficiencia del segundo ensayo con biosorbente de cascara de mandarina.

| VARIABLES | | MUESTRAS | | | | |
|----------------------------------|-------|----------|-------|-------|-------------|--|
| Concentración inicial Pb (mg/l) | | 0.5 | | | | |
| Dosis de mandarina (g) | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | |
| Concentración final de Pb (mg/l) | 0.208 | 0.188 | 0.171 | 0.143 | 0.138 | |
| Eficiencia (%) | 58.4 | 62.4 | 65.8 | 71.4 | 72.4 | |

- **Tercer ensayo:** En la siguiente tabla se muestran los tres resultados del tercer ensayo, el cual presento una concentración inicial de 0.5 mg/l y concentraciones finales promedio de 0.208, 0.188, 0.171, 0.143 y 0.138 mg/l de Plomo, de acuerdo a cada dosis utilizada de floculante:

Tabla 10.

Eficiencia del Tercer ensayo con biosorbente de cascara de mandarina.

| VARIABLES | | MUESTRAS | | | | |
|----------------------------------|-------|----------|-------|-------|-------------|--|
| Concentración inicial Pb (mg/l) | | 1.0 | | | | |
| Dosis de mandarina (g) | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | |
| Concentración final de Pb (mg/l) | 0.440 | 0.401 | 0.346 | 0.329 | 0.319 | |
| Eficiencia (%) | 56.0 | 59.9 | 65.4 | 67.1 | 68.1 | |

4.2.2. Eficiencia del biosorbente de cascara de maracuyá *Pasiflora Edulis*

De acuerdo al cuarto objetivo planteado, se determinaron las eficiencias finales de cada una de las dosis de cascara de maracuyá para cada tratamiento y ensayos correspondientes. A continuación, se muestran los resultados de los tres ensayos correspondiente al tratamiento con cascara de maracuyá como floculante natural.

- **Primer ensayo:** En la siguiente tabla se muestran los tres resultados del primer ensayo, el cual presento una concentración inicial de 0.25 mg/l y concentraciones finales promedio de 0.091, 0.110, 0.121, 0.076 y 0.067 mg/l de Plomo, de acuerdo a cada dosis utilizada de floculante:

Tabla 11.

Eficiencia del primer ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá.

| VARIABLES | MUESTRAS | | | | |
|----------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------------|
| Concentración inicial Pb (mg/l) | 0.25 | | | | |
| Dosis de maracuyá (g) | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Concentración final de Pb (mg/l) | 0.091 | 0.110 | 0.121 | 0.076 | 0.067 |
| Eficiencia (%) | 63.6 | 56.0 | 51.6 | 69.6 | 73.2 |

- **Segundo ensayo:** En la siguiente tabla se muestran los tres resultados del segundo ensayo, el cual presento una concentración inicial de 0.5 mg/l y concentraciones finales promedio de 0.118, 0.142, 0.181, 0.164 y 0.145 mg/l de Plomo, de acuerdo a cada dosis utilizada de floculante:

Tabla 12.

Eficiencia del segundo ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá.

| VARIABLES | MUESTRAS | | | | |
|----------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------------|
| Concentración inicial Pb (mg/l) | 0.5 | | | | |
| Dosis de maracuyá (g) | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Concentración final de Pb (mg/l) | 0.118 | 0.142 | 0.181 | 0.164 | 0.145 |
| Eficiencia (%) | 76.4 | 71.6 | 63.8 | 67.2 | 71.0 |

- **Tercer ensayo:** En la siguiente tabla se muestran los tres resultados del tercer ensayo, el cual presento una concentración inicial de 0.5 mg/l y concentraciones finales promedio de 0.231, 0.251, 0.219, 0.177 y 0.189 mg/l de Plomo, de acuerdo a cada dosis utilizada de floculante:

Tabla 13.

Eficiencia del Tercer ensayo con biosorbente de cascara de maracuyá.

| VARIABLES | MUESTRAS | | | | |
|----------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------------|
| Concentración inicial Pb (mg/l) | 1.0 | | | | |
| Dosis de maracuyá (g) | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Concentración final de Pb (mg/l) | 0.231 | 0.251 | 0.219 | 0.177 | 0.189 |
| Eficiencia (%) | 76.9 | 74.9 | 78.1 | 82.3 | 81.1 |

V. Discusión de resultados

Tripathi, et al. (2019), indican que el plomo es un metal pesado que no tiene ninguna función conocida en procesos metabólicos, es por ello que se considera como uno de los más tóxicos para los organismos incluso a concentraciones muy bajas, siendo una de las preocupaciones para Organización Mundial de la Salud (OMS), por su naturaleza potencialmente cancerígena y venenosa (p.98). Dicho esto, Abokifa, Katz y Sela (2020), corroboran que el plomo es un metal pesado tóxico que se sabe que plantea una multitud de riesgos para la salud. La implicación más destacada para la salud de la exposición al plomo es el deterioro de las funciones cognitivas e intelectuales de los fetos y los niños pequeños.

Muñoz (2007), utilizó como material biosorbente para la remoción de plomo a la cascara de naranja *Citrus Cinensis*, donde obtuvo un porcentaje de eficiencia en la remoción de dicho metal de 40%, en comparación con la obtenida en el presente estudio que con la aplicación de cascara de maracuyá se obtuvo 81.1% mientras que con la cascara de mandarina un porcentaje de 72.4%.

Tal como se observa en los resultados obtenidos, el pH óptimo en el cual se desarrolló mejor eficiencia y remoción del metal plomo fue con un valor de 7.0 (pH neutro), sin embargo, Borja, et al (2015), no está de acuerdo con dicha afirmación ya que concluye que el pH óptimo que produce mayor sorción está por debajo de 4, es decir en un pH ácido (p.217). Así mismo, Muñoz (2007), de acuerdo con Borja, et al., también afirma que el pH óptimo de adsorción del metal está entre 4.52 y 5.53, demostrando así que las capacidades de biosorción para el plomo son sensibles al pH, puesto que se considera un parámetro que puede afectar la biosorción de los iones en solución.

Muñoz (2007), indica que, trabajar con valores bajos de pH (3-4) los ligandos de las paredes celulares se asocian con los iones hidronio, dando lugar a la restricción del acceso a los ligandos de los iones metálicos como resultado de fuerzas repulsivas, mientras que cuando se trabaja con pH alto más grupos funcionales están disociados y se convierten en provechosos enlazantes e iones, puesto que existe menos competencia de iones hidrógeno en la solución, donde se alcanza la máxima capacidad de biosorción.

En cuanto a la dosis aplicada en nuestro estudio se utilizó de 0.5 hasta 2.5 g del floculante natural dando mejor resultado en la mayor dosis, lo cual concuerda con lo obtenido por

Borja, et al. (2015), ya que en su estudio aplica de 100 a 200 mg/l del biosorbente y con lo cual define que al aumentar la dosis de biosorbente se genera mayor remoción del contaminante. Herald, et al. (2017), también está de acuerdo en que la sorción de plomo aumenta al incrementar la dosis de sorbente, en su investigación pudo comprobar que al aumentar de 0,025 mg a 0,100 mg/25 mL del biosorbente este alcanza un máximo de 95,6% de eliminación del metal. Sin embargo, Jiménez, et al. (2015), Manifiesta su desacuerdo con dichas afirmaciones ya que durante su experimentación comprobó que al aplicar diferentes dosis del biosorbente en una solución acuosa con plomo, esta se mantiene en la remoción del metal con 4g/L motivo por el cual el concluye que la dosis optima es 4 y que a mayor dosis el porcentaje de remoción sigue siendo el mismo.

VI. Conclusiones

- ✓ Con valores iniciales de concentración Pb 0.25 y 0.5 mg/l y pH de 7 se logró disminuir el contaminante hasta 0.079 y 0.138 mg/l respectivamente trabajando con una dosis de 2.5 g de la cascara de mandarina *Citrus Reticulata*. logrando que dichos valores estén por debajo de los LMP
- ✓ Con valores iniciales de concentración Pb 0.25, 0.5 y 1.0 mg/l y pH de 7 se logró disminuir el contaminante hasta 0.067, 0.145 y 0.189 mg/l respectivamente trabajando con una dosis de 2.5 g de la cascara de maracuyá *Pasiflora Edulis* logrando que dichos valores estén por debajo de los LMP.
- ✓ La cascara de mandarina *Citrus Reticulata* como biosorbente natural tuvo una eficiencia de 72.4 % para la remoción de plomo con una concentración inicial de 0.5 mg/L del contaminante.
- ✓ La cascara de maracuyá *Pasiflora Edulis* como biosorbente natural tuvo una eficiencia de 81.1 % para la remoción de plomo con una concentración inicial de 1.0 mg/L del contaminante.
- ✓ Por otro lado, de acuerdo al proceso de experimentación y los resultados obtenidos se puede definir que a medida que aumenta la dosificación del biosorbente natural 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 g en los tratamientos se obtienen mejores resultados en la disminución del contaminante plomo.

VII. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda realizar los procedimientos experimentales con valores de concentraciones de la solución base (plomo) de 25 mg/l a más, para corroborar aún más la eficiencia de los biosorbentes.
- ✓ Se recomienda tomar en cuenta la variable tiempo de reacción del biosorbente y el contaminante de tal modo plasmar un objetivo nuevo en cuanto al mejor tiempo de remoción del contaminante.
- ✓ Durante el procedimiento de experimentación se recomienda operar con debidas precauciones ya que existe una elevada toxicidad de reactivos con el contaminante plomo.
- ✓ Para mejorar el modelo aplicado se recomienda ampliar el estudio tanto en rangos de experimentación como en número de repeticiones.
- ✓ Se sugiere utilizar métodos físicos y químicos para modificar las características de la biomasa y aumentar la capacidad de biosorción.

VIII. Referencias

- Abdelwaheb, M., Jebali, K., Dhaouadi, H., & Dridi-Dhaouadi, S. (2019). *Adsorption of nitrate, phosphate, nickel and lead on soils: Risk of groundwater contamination*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 179, 182-187.
- Abokifa, A. A., Katz, L., & Sela, L. (2020). *Spatiotemporal trends of recovery from lead contamination in Flint, MI as revealed by crowdsourced water sampling*. *Water research*, 171, 115442.
- Acosta, I., Moctezuma-Zárate, M. D. G., Cárdenas, J. F., & Gutiérrez, C. (2007). *Bioadsorción de cadmio (II) en solución acuosa por biomásas fúngicas*. *Información tecnológica*, 18(1), 09-14.
- Ale Borja, N., García Villegas, V., Yipmantin-Ojeda, A., Guzmán Lezama, E., & Maldonado García, H. (2015). *Estudio de la cinética de biosorción de plomo (II) en alga *Ascophyllum nodosum**. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(3), 212-223.
- Almeida, D., Aranguren, J., Hernández, Y., & Rolo, G. (1999). *Niveles de Pb en sangre de escolares*. *Acta Científica Venezolana*, 50, 273.
- Anastopoulos, I., & Kyzas, G. Z. (2015). *Progress in batch biosorption of heavy metals onto algae*. *Journal of Molecular Liquids*, 209, 77-86.
- Astatkie, H., Ambelu, A., & Beyene, E. M. (2021). *Sources and level of heavy metal contamination in the water of Awetu watershed streams, southwestern Ethiopia*. *Heliyon*, 7(3), e06385.
- Ato, M., López-García, J. J., & Benavente, A. (2013). *Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología*. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 29(3), 1038-1059.
- Babazad, Z., Kaveh, F., Ebadi, M., Mehrabian, R. Z., & Juibari, M. H. (2021). *Efficient removal of lead and arsenic using macromolecule-carbonized rice husks*. *Heliyon*, 7(3), e06631.

- Bojórquez, C., Frías Espericueta, M. G., & Voltolina, D. (2016). *Removal of cadmium and lead by adapted strains of Pseudomonas aeruginosa and Enterobacter cloacae*. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(4), 407-412.
- Cañizares-Villanueva, R. O. (2000). *Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana*. *REVISTA LATINOAMERICANA DE MICROBIOLOGIA-MEXICO-*, 42(3), 131-143.
- Chua, Y. T., Lin, C. X. C., Kleitz, F., & Smart, S. (2015). *Synthesis of mesoporous carbon–silica nanocomposite water-treatment membranes using a triconstituent co-assembly method*. *Journal of Materials Chemistry A*, 3(19), 10480-10491.
- Corona Lisboa, J. (2016). *Apuntes sobre métodos de investigación*. *Medisur*, 14(1), 81-83.
- Cruz, H. I., Javier, M. S., Luis, D. I., Gil, M. D. J., Pérez, A. D., & Gochi-Ponce, Y. (2017). *Remoción de plomo en agua a partir de material nanoestructurado, nanotubos de carbono soportados en zeolita natural*. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 8(2), 21-27.
- Debnath, B., Saha, I., Mukherjee, T., Mitra, S., Das, A., & Das, A. (2021). *Sorbents from waste materials: A circular economic approach*. In *Sorbents Materials for Controlling Environmental Pollution* (pp. 285-322). Elsevier.
- Fomina, M., & Gadd, G. M. (2014). *Biosorption: current perspectives on concept, definition and application*. *Bioresource technology*, 160, 3-14.
- García, S. I., & Mercer, R. (2003). *Experiencia Latinoamericana. Salud infantil y plomo en Argentina*. *Salud pública de México*, 45.
- García Villegas, V. R., Yipmantin Ojeda, A. G., Guzmán Lezama, E. G., Pumachagua Huertas, R., & Maldonado García, H. J. (2011). *Estudio de la cinética de biosorción de iones plomo en pectina reticulada proveniente de cáscaras de cítricos*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(3), 173-181.

- Ge, Y., Song, Q., & Li, Z. (2015). *A Mannich base biosorbent derived from alkaline lignin for lead removal from aqueous solution*. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 23, 228-234.
- Głąb, S., & Hulanicki, A. (2005). *Ion-selective electrodes Glass*.
- Godage, N. H., & Gionfriddo, E. (2020). *Use of natural sorbents as alternative and green extractive materials: a critical review*. *Analytica Chimica Acta*.
- Gutiérrez-Benítez, O., González-Álvarez, J., Freire-Leira, M. S., Rodríguez-Rico, I. L., & Moreira-González, Á. R. (2015). *Potencialidades de un biosorbente algal para la remoción de metales pesados*. *Tecnología Química*, 35(3), 282-294.
- Heraldy, E., Lestari, W. W., Permatasari, D., & Arimurti, D. D. (2018). *Biosorbent from tomato waste and apple juice residue for lead removal*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(1), 1201-1208.
- Khoshsang, H., & Ghaffarinejad, A. (2018). *Rapid removal of lead (II) ions from aqueous solutions by saffron flower waste as a green biosorbent*. *Journal of environmental chemical engineering*, 6(5), 6021-6027.
- Jusko, T. A., Henderson Jr, C. R., Lanphear, B. P., Cory-Slechta, D. A., Parsons, P. J., & Canfield, R. L. (2008). *Blood lead concentrations < 10 µg/dL and child intelligence at 6 years of age*. *Environmental health perspectives*, 116(2), 243-248.
- Kim, S. J., Chung, J. H., Kim, T. Y., & Cho, S. Y. (2006). *Biosorption of heavy metals and cyanide complexes on biomass*. *Studies in surface science and catalysis*, 141-144.
- Kumar, K. S., Dahms, H. U., Won, E. J., Lee, J. S., & Shin, K. H. (2015). *Microalgae—A promising tool for heavy metal remediation*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 113, 329-352.
- Llop, S., Porta, M., Martinez, M. D., Aguinagalde, X., Fernández, M. F., Fernández-Somoano, A., ... & Ballester, F. (2012). *Trend in lead exposure in the Spanish*

child population in the last 20 years. An unrecognized example of health in all policies?. Gaceta sanitaria, 27(2), 149-155.

LI, Sha, et al. (2021) *Profiling multiple heavy metal contamination and bacterial communities surrounding an iron tailing pond in Northwest China*. Science of The Total Environment, vol. 752, p. 141827. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141827>

Liu, W., Engel, B. A., Chen, W., Wei, W., Wang, Y., & Feng, Q. (2021). *Quantifying the contributions of structural factors on runoff water quality from green roofs and optimizing assembled combinations using Taguchi method*. Journal of Hydrology, 593, 125864.

Iliná, A., Martínez-Hernández, J. L., Segura-Ceniceros, E. P., Villarreal-Sánchez, J. A., & GREGORIO-JÁUREGUI, K. M. (2009). *Biosorción de arsénico en materiales derivados de maracuyá*. Revista internacional de contaminación ambiental, 25(4), 201-216.

Mendoza, L. V., & Molina, N. F. (2015). *Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna*. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 25(1), 43-60.

Mira, J. J., Pérez-Jover, V., Lorenzo, S., Aranaz, J., & Vitaller, J. (2004). *La investigación cualitativa: una alternativa también válida*. Atención primaria, 34(4), 161-166.

Muñoz Carpio, J. C. (2007). *Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja "citrus cinensis" pretratada*.

Oré Jiménez, F., Lavado Meza, C., & Bendezú Montes, S. (2015). *Biosorción de Pb (II) de aguas residuales de mina usando el marlo de maíz (Zea mays)*. Revista de la Sociedad Química del Perú, 81(2), 122-134.

Sánchez, J., Negrete, J. L. M., & Urango, I. (2014). *Biosorción simultanea de plomo y cadmio en solución acuosa por biomasa de hongos penicillium sp*. Temas agrarios, 19(1), 63-72.

- Sevindik, M., Akgul, H., Bal, C., & Selamoglu, Z. (2018). *Phenolic contents, oxidant/antioxidant potential and heavy metal levels in Cyclocybe cylindracea*. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 52(3), 437-441.
- Shamsollahi, Z., & Partovinia, A. (2019). *Recent advances on pollutants removal by rice husk as a bio-based adsorbent: A critical review*. *Journal of environmental management*, 246, 314-323.
- Soria, R. I., Rolfe, S. A., Betancourth, M. P., & Thornton, S. F. (2020). *The relationship between properties of plant-based biochars and sorption of Cd (II), Pb (II) and Zn (II) in soil model systems*. *Heliyon*, 6(11), e05388.
- Sriharsha, D. V., Kumar, L., & Savitha, J. (2017). *Immobilized fungi on Luffa cylindrica: An effective biosorbent for the removal of lead*. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 80, 589-595.
- Tejada Tovar, C., Herrera, A., & Núñez Zarur, J. (2016). *Remoción de plomo por biomasas residuales de cáscara de naranja (Citrus sinensis) y zuro de maíz (Zea mays)*.
- Thomas, C. C., Nsonwu-Anyanwu, A. C., Usoro, C. A., Eni-yimini, S. A., & Idenyi, A. N. (2021). *Hepato-renal toxicities associated with heavy metal contamination of water sources among residents of an oil contaminated area in Nigeria*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 212, 111988.
- Trick, J. K., Stuart, M., & Reeder, S. (2008). *Contaminated groundwater sampling and quality control of water analyses*. In *Environmental Geochemistry* (pp. 29-57). Elsevier.
- Tripathi, S., Arora, N., Gupta, P., Pruthi, P. A., Poluri, K. M., & Pruthi, V. (2019). *Microalgae: an emerging source for mitigation of heavy metals and their potential implications for biodiesel production*. In *Advanced Biofuels* (pp. 97-128). Woodhead Publishing.
- Tsui, M. T., Cheung, K. C., Tam, N. F., & Wong, M. H. (2006). *A comparative study on metal sorption by brown seaweed*. *Chemosphere*, 65(1), 51-57.

- Varol, M. (2020). *Use of water quality index and multivariate statistical methods for the evaluation of water quality of a stream affected by multiple stressors: A case study*. *Environmental Pollution*, 266, 115417.
- Vera, L., Uguña, M. F., García, N., Flores, M., Vázquez, V., & Aloma, I. (2016). *Desarrollo de materiales sorbentes para la eliminación de metales pesados de las aguas residuales mineras*. *Afinidad*, 73(574).
- Wang, H., Qin, J., & Hu, Y. (2017). *Are green roofs a source or sink of runoff pollutants?*. *Ecological Engineering*, 107, 65-70.
- Wen, X., Du, C., Zeng, G., Huang, D., Zhang, J., Yin, L., & Wan, J. (2018). *A novel biosorbent prepared by immobilized Bacillus licheniformis for lead removal from wastewater*. *Chemosphere*, 200, 173-179.
- Yin, D., Wang, L., Zhu, Z., Clark, S. S., Cao, Y., Besek, J., & Dai, N. (2021). *Water quality related to Conservation Reserve Program (CRP) and cropland areas: Evidence from multi-temporal remote sensing*. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 96, 102272.
- Yilmaz, E. I. (2003). *Metal tolerance and biosorption capacity of Bacillus circulans strain EBI*. *Research in microbiology*, 154(6), 409-415.
- Yu, H., Shen, X., Chen, H., Dong, H., Zhang, L., Yuan, T., & Li, Y. (2021). *Analysis of heavy metal content in Lentinula edodes and the main influencing factors*. *Food Control*, 108198.

IX. Anexos

Anexo A Dosificación.



Anexo B Análisis de la muestra tratada.