



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“CAPACIDAD DE BIOADSORCIÓN DE *CITRUS X SINENSIS* EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON PLOMO DE LA CUENCA DEL RÍO MOCHE”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Max Dickerson Pelaes Argomedo

Lilly Micheline Roldan Moreno

Asesor:

Ing. Wilberto Effio Quezada

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico principalmente a Dios, por la vida y salud que me brinda día a día.

A mi Madre, por su amor y sacrificio a lo largo de todos estos años y tenerme como su prioridad en toda mi vida académica.

A mi Padre, porque siempre me guía desde el cielo y me acompaña en cada paso de mi vida.

A mi hermano, hermana y Abuelitos por estar siempre presentes, acompañándome, impidiendo que la distancia sea un obstáculo de cariño y apoyo.

A todas las personas que me brindaron soporte e hicieron que este proyecto de mi vida se haga realidad.

MAX PELAES ARGOMEDO

Dedico este proyecto en primer lugar a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida en compañía del impulso y cariño de mi madre Lilly Moreno Alvarez para poder seguir mejorando cada día.

A mi señor padre Pedro Roldan Capristán, porque sé que siempre estará acompañándome y protegiéndome en cada paso de mi vida.

Y a mis hermanas, por formar parte de lo más importante que considero en el mundo, la familia.

LILLY ROLDAN MORENO

AGRADECIMIENTO

En este pequeño espacio quisiera expresar un sincero agradecimiento, en primer lugar, a Dios por la salud, fuerza y la oportunidad de permitirme llegar hasta aquí con el apoyo de mi familia. Mi madre, mi compañera de vida, gracias por los cuidados, consejos y sacrificios hechos para lograr hacer de mí un profesional completo. Agradezco también a mis abuelitos, mi hermano y hermana, por el apoyo moral e incondicional para no desfallecer en distintas situaciones de mi formación profesional, Al mismo tiempo, un agradecimiento extenso a todos los maestros de mi educación superior, por hacer llegar los conocimientos a todos los estudiantes con mucha dedicación y esmero. Además, quisiera mostrar mi más sincero agradecimiento al Ing. Wilberto Effio Quezada por los conocimientos impartidos en nuestra casa de estudios y su constante apoyo para la elaboración de este proyecto. Por último, pero por ello no menos importante, quiero agradecer a mis amigos y compañeros, que hicieron que estos años de estudio sean recordados entre sonrisas por tantas experiencias compartidas, gracias por tantos recuerdos que con cariño guardaré en mi memoria.

MAX PELAES ARGOMEDO

De igual manera, quisiera agradecer por sobre todas las cosas a nuestro creador, que me permitió poder culminar esta etapa con éxito y en compañía de las personas más importantes en mi vida. También quisiera agradecer a mi madre por su apoyo incondicional y por siempre reflejar el valor de la perseverancia en cada meta propuesta. Así mismo agradecer a mis hermanas, por su dedicación, consejos y no dejarme sola en ningún momento. Además, quisiera mostrar mi más sincero agradecimiento al Ing. Wilberto Effio Quezada por los conocimientos impartidos en nuestra casa de estudios y su constante apoyo para la elaboración de este proyecto.

LILLY ROLDAN MORENO

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	28
CAPÍTULO III. RESULTADOS	37
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	43
REFERENCIAS.....	48
ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01: Componentes de la naranja	22
Tabla N° 02: Ubicación de los 5 puntos de muestreo a lo largo de la Cuenca del Río Moche en el Sistema de Coordenadas WGS84	30
Tabla N° 03: Tabla de tratamientos	34
Tabla N° 04: pH Inicial de los puntos de monitoreo	37
Tabla N° 05: [] Pb inicial de los puntos de monitoreo	37
Tabla N° 06: Determinación de pH con respecto al ECA.....	38
Tabla N° 07: Concentración inicial y final de Pb con respecto al ECA.....	38
Tabla N° 08: Resultados de biomasa y tiempo de agitación en cada tratamiento	39
Tabla N° 09: Porcentaje de remoción de Pb.	40
Tabla N° 10: Prueba de normalidad.....	41
Tabla N° 11: Prueba de Kruskal - Wallis.....	41
Tabla N° 12: Prueba de Holm.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°01: Modelo metabólico del plomo en el ser humano.....	20
Figura N° 02: Proceso de bioadsorción.....	24
Figura N° 03: Puntos de monitoreo	30
Figura N° 04: Curva de calibración.....	34
Figura N° 05: pH Inicial de cada punto de monitoreo.....	38
Figura N° 06: Concentración inicial y final de Pb con respecto al ECA	39
Figura N° 07: Porcentaje de remoción de Pb	40

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N°01: Capacidad de bioadsorción.....	36
Ecuación N°02: Porcentaje de remoción de Pb	36

RESUMEN

Los bioadsorbentes son una nueva alternativa para remover metales pesados, de bajo coste en comparación con los métodos convencionales. En el trabajo de investigación se evaluó la capacidad de bioadsorción de *Citrus × Sinensis* en la remoción de aguas contaminadas con plomo de la cuenca del Río Moche. Para ello, se prepararon cuatro tratamientos con sus tres repeticiones cada uno. Durante el procedimiento, a la cáscara de naranja no se le adhirió ningún tratamiento, es decir, fue una biomasa pura. Durante el proceso se utilizó distintos pesos de biomasa los cuales fueron de 2 y 6 gramos, a su vez, la muestra de agua contaminada constó de 100 ml de volumen para cada dosis en cada variable independiente, estos tratamientos se llevaron a cabo, teniendo en cuenta el tiempo de agitación magnética los cuales fueron de 8 y 45 minutos, cabe mencionar, que en total fueron 12 repeticiones obteniendo como resultado final una bioadsorción de un 82 %, para el tratamiento 1, siendo el más relevante de los demás tratamientos, el cual consistió en la añadidura de biomasa pura de 2 gramos a un tiempo de agitación magnética de 8 minutos, de manera que, el resultado obtuvo una concentración final de 0.05 mg/ L de plomo. Y, de acuerdo con el ECA para el agua, en el D.S. N°004 – 2017 MINAM, éste se encuentra dentro de lo establecido. Es necesario recalcar, que la muestra tuvo en inicio una concentración inicial de 0.28 mg/L de plomo.

Palabras clave: Bioadsorción, Cáscara de naranja, Tratamiento de agua.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El agua es el líquido elemental para la vida en la Tierra. Ahora, para que la sociedad y los ecosistemas se puedan desarrollar normalmente, se requiere de este recurso en óptimas condiciones y más aún debe estar disponible para todos. (Del Carmen M., 2010, p. 4)). Así mismo, el crecimiento poblacional y la industrialización dieron como resultado un incremento en la demanda del líquido. Ante la ausencia de un plan de crecimiento para estimar si el recurso podía abastecer a todas las demandas generadas, se fueron produciendo los primeros problemas en el recurso hídrico, como el deterioro en su calidad y la disponibilidad.

Centrándonos en el factor deterioro de la calidad del agua, se puede mencionar que tiene efecto en el consumo debido a que, si su fuente se contamina esta puede perder su utilidad por lo que no se encuentra en las condiciones de calidad necesarias para un uso específico. Es decir; calidad de agua significa las condiciones que el recurso debe tener para que pueda ser utilizada para usos concretos, por ejemplo: para consumo humano debe estar libre de microorganismos, sustancias químicas o sustancias radiactivas además con olor, color y sabor aceptables, mientras que para usos de riego o bebida de animales se requieren de otras condiciones. (Monforte y Cantú, 2009, p. 37)

En la actualidad este problema de calidad de agua se ve reflejado en las aguas superficiales, ya que se encuentran contaminadas por la presencia de descargas agrícolas, industriales, mineras, municipales y domésticas, en otras palabras, es un asunto de gran preocupación.

Los mayores contaminantes del recurso hídrico son los nutrientes orgánicos, los agentes infecciosos, los tóxicos tanto orgánicos como inorgánicos, los sedimentos y el calor. Especificando los contaminantes inorgánicos tóxicos como los que se encuentran en mayor concentración después de la descarga de efluentes industriales, se puede mencionar que la mayoría de los reportes establecen que los metales tóxicos, tales como el mercurio (Hg) y el plomo (Pb) son los principales contaminantes

del agua y pueden causar graves enfermedades e incluso la muerte. (Valencia, Sánchez, Ortiz y Gómez, 2010, p. 36).

La contaminación de los ríos por plomo no se origina directamente por el plomo sino por sus sales solubles en agua que son generadas por las fábricas de pinturas, de acumuladores, por alfarerías con esmaltado, en foto termografía, en pirotecnia, en la coloración a vidrios o por industrias químicas productoras de tetraetilo de plomo (se usa como antidetonante en gasolinas) y por algunas actividades mineras (utilizado en la planta de tratamiento de minerales), etc. (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental [FCEA], 2009, p. 2)

Según el portal del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), a nivel mundial y latinoamericano el Perú se ubica entre los primeros productores de diversos metales (oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro, estaño, molibdeno, telurio, entre otros), es por ello que en los últimos años la puesta en operación de muchos proyectos mineros en nuestro país, ha generado que las aguas contaminadas por relaves mineros se incrementen, dado que los ríos, lagos, lagunas y el mar son la fuente receptora de aquellos vertimientos provocados por la actividad humana.

En el departamento de La Libertad, muchos investigadores han realizado estudios sobre el impacto de los relaves mineros sobre las aguas, suelos y cultivos. Uno de ellos evaluó los efectos de los metales pesados sobre la calidad del agua del Río Moche y afirma que el estado en dicho año de la calidad química de las aguas del río muestra una contaminación metálica por elementos tales como: Zinc, Plomo y Cadmio, causada por la actividad minera desarrollada en las laderas de la parte media y alta de la cuenca del mencionado río. (Huaranga, Méndez, Quilcat y Huaranga, 1992, p. 239)

La contaminación por metales pesados es una preocupación latente por resolver debido a su incremento de concentración con el pasar de los años. Para tal fin, han sido usadas tecnologías, como la precipitación química, la oxidación, el intercambio iónico, entre otras; sin

embargo, muchas de estas resultan poco eficientes si se desean remover contaminantes, especialmente, a bajas concentraciones.

En la actualidad existen métodos convencionales para eliminar iones metálicos acuosos, las cuales resultan ser efectivas bajo ciertas condiciones. (Tejada, Herrera y Núñez, 2016, p. 170).

Entre los medios tradicionales para tratar estas aguas contaminadas por metales pesados, se encuentran la adsorción con carbón activado, sistemas de tratamiento de agua con oxigenación inducida, electrólisis y digestión anaerobia. Debido al costo de diseño e implementación del proceso, la bioadsorción surge como un proceso alternativo, económico y con impacto ambiental aceptable. El término bioadsorción se refiere a la captación de compuestos por medio de una biomasa (viva o muerta), a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico. (Vargas, Cabañas, Gamboa y Domínguez, 2009, p.40)

Es así como, entre los materiales ampliamente estudiados y con excelentes resultados para la remoción de metales pesados, se encuentran: zuro de maíz y cáscara de naranja, para plomo y níquel.

Algunas ventajas de la bioadsorción frente a otras técnicas convencionales son el bajo costo, alta eficiencia, minimización de productos químicos y lodos biológicos. Además, permite la regeneración de los bioadsorbentes y la posibilidad de recuperación de metales. (Tejada, Villabona y Garcés., 2015, p. 111).

Por ende, la presente investigación tiene una motivación por cambiar la realidad que aqueja la sociedad, y se pretende dar soluciones a partir de métodos económicos y efectivos igual o mejor que los tratamientos convencionales.

Así mismo, los estudios que se tuvieron en cuenta para poder elaborar este trabajo de investigación fueron considerados por pertenecer a la misma sub-línea de investigación además de que guardan relación con las variables y objetivos del presente estudio. Entre los seleccionados se mencionan los siguientes:

Tejada, Herrera y Núñez (2016) en su investigación relacionada a la remoción de plomo por biomásas en Colombia, tuvo como objetivo estudiar la adsorción como proceso para la reducción de Pb en aguas residuales industriales usando biomasa residual, a partir de cáscara de naranja y zuro de maíz, se realizó una comparación entre las biomásas mencionadas, variando el tamaño de partícula y el pH, con el fin de determinar las mejores condiciones de adsorción. Obteniendo como resultado que la cáscara de naranja presentó mayor capacidad de adsorción a comparación que el zuro de maíz (67.5% y 99.2% respectivamente) a distinto tamaño de partícula, pero a un pH 6. Por lo cual se concluye que la cáscara de naranja presenta mayor capacidad de adsorción permitiendo que el plomo sea liberado del agua y esto me permita tener más clara la idea de remoción y poder ir descartando otras posibles biomásas que sirvan como bioadsorción de plomo.

Además, Ordóñez (2015) en su tesis basada en la bioadsorción de Pb y Cr mediante la utilización de cáscara de naranja en Ecuador, tuvo como objetivo el determinar la capacidad de bioadsorción de metales pesados (Pb y Cr) usando la cáscara de naranja molida procedentes de juguerías. El diseño consistió en el tratamiento a distintas concentraciones y tamaños de partículas de la biomasa cáscara de naranja en soluciones de 50 ppm de plomo y 50 ppm de cromo, durante el proceso se midió el pH y la concentración de plomo y cromo cada 10 horas. Así mismo, los resultados muestran un máximo porcentaje de bioadsorción de $99,73\% \pm 2,05$ para el plomo y $91,60\% \pm 2,18$ para el cromo. En conclusión, el análisis estadístico mostró que a mayor concentración de bioadsorbente mayor porcentaje de bioadsorción de plomo y en el caso del cromo a menor tamaño de partícula mayor porcentaje de bioadsorción de cromo. Es así que, mediante este trabajo de investigación se tiene la referencia de cómo obtener la materia prima, así mismo tener en cuenta el tamaño de partícula y pH, dado que son factores claves para resultados

beneficiosos con un 99.73% en el proceso para ejecutar el proyecto experimental.

Así mismo, Rentería et al. (2014) en su publicación sobre la remoción de Pb en México, evaluó la eficiencia de remoción de Pb+2 soluble, utilizando cáscara de naranja desmetilada. Aplicó un tratamiento de referencia basada en el lavado, secado y molienda de la cáscara luego desmetilar con NaOH 2M a pH 10. A partir de los resultados se pudo concluir que la calidad bioadsorbente de las estructuras celulares pueden mejorarse al modificar algunas de sus características físicas y químicas. La capacidad de adsorción (85.8%) de la cáscara de naranja desmetilada permite el ajuste de los niveles de Pb+2 a los establecidos en los Estándares de Calidad de Agua en soluciones de hasta dos veces el valor permisible para cuerpos de agua de uso público y para la vida acuática. Por lo tanto, el presente estudio permite la comparación del uso de biomasa pretratada física y químicamente y el uso de esta sin añadidura alguna, en la remoción de aguas contaminadas con Pb.

Por otro lado, Tejada, Villabona y Garcés 2015, desarrollaron un proyecto basado en la adsorción de metales pesados en aguas residuales de Colombia, donde estudiaron las generalidades de la adsorción como proceso alternativo para la remoción de contaminantes en solución y utilizaron las biomásas más reconocidas para estos proyectos, además realizaron algunas modificaciones en las mismas para lograr una mejor eficiencia de adsorción de metales. Después del análisis con materiales biológicos concluyeron que el uso de biomasa residual para la bioadsorción de contaminantes en un medio acuoso es favorable debido a que de esta manera se evita los problemas subsecuentes de los tratamientos convencionales, como los lodos químicos. Por lo tanto, este proyecto nos brinda otras opciones biológicas para la remoción de Pb en aguas contaminadas, lo cual favorece a la investigación dado que genera más estudio de comparación al tratamiento de las aguas con dicho metal.

También Lugo, Barrera y Hernández (2013) en su investigación relacionada a la remoción de plomo (II) en México”, presenta como objetivo el obtener y evaluar la cáscara de naranja injertada con acrilamida, como biosorbente en la remoción de plomo presente en soluciones acuosas. Una vez acondicionadas las muestras, y con la finalidad de estabilizar el biosorbente, se realizó el pretratamiento de la biomasa, colocándola en contacto con una solución de formaldehído al 2% (v/v) por un tiempo de 24 horas. En esta investigación se pretende analizar las características de la cáscara de naranja en su forma natural y otra aplicando un tratamiento. Donde se puede concluir que la cáscara de naranja por sí misma es una excelente alternativa para la biadsorción de metales en medio acuoso, pero si le aplicamos un pretratamiento a la cáscara resulta más exitoso debido a que la estabilización casi eliminó la pérdida de masa y color que pudiera ocurrir en las pruebas de sorción. Es así que esta investigación nos permite poder hacer uso de mezclas con biomasa, la cual podría lograr un mejor tratamiento de aguas contaminadas de plomo y enriquecer el proyecto en proceso.

Según Cardona, Cabañas y Zepeda (2013) en su estudio sobre la evaluación del poder biosorbente de la cáscara de naranja en México, pretendieron evaluar la capacidad de biosorción de la cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados y el porcentaje de remoción de dichos metales, en este proyecto se variaron 7 parámetros físicoquímicos dando valores máximos y mínimos, para esto a una parte de la biomasa se le aplicó CaCl_2 a 0.2 M para producirle una mayor estabilidad mecánica. Entonces, se encontró que para el Pb (II) las condiciones de: pH=5, tamaño de partícula=0.4mm, concentración del metal=80ppm, cantidad de cáscaras de naranja=0.5g, tiempo de contacto=2h, T=500°C, biomasa con reticulación, mostró el mejor porcentaje de remoción (99.5%) con capacidad de remoción de 9.39 mg de Pb (II) / g de cáscara de naranja. Por lo tanto, con la presente investigación se podrá evaluar los parámetros físico químicos de gran

relevancia, lo cual me permitirá lograr la descontaminación con mayor eficiencia.

De igual modo, García, Yipmantin, Guzmán, Pumachagua y Maldonado (2011) estudiaron la cinética de biosorción de iones plomo en pectina reticulada proveniente de Cáscaras de cítricos, donde identificaron como objetivo principal, 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. La metodología se basó en el lavado, secado y molienda se la cáscara de naranja, también se empleó HCl para ajustar el pH La suspensión se sometió a reflujó con agitación en baño de agua a 50°C. Después de 4 horas, se dejó enfriar a temperatura ambiente. El residuo fue filtrado y lavado con agua ultra pura, etanol de 96° y acetona. En la mayoría de los casos el modelo matemático de cinética de pseudo primer orden se ajustó mejor 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.

Muñoz (2013) en su tesis relacionada a la biosorción de Plomo en Lima, presentó como objetivo el demostrar que la pectina de la cáscara de naranja tiene propiedades biosorbentes de iones de Plomo (Pb II). Para esto se aplicó el pretratamiento a la cáscara de naranja mediante la reticulación con una solución 0.2M de CaCl₂, y la modificación del pH de la solución a 5 usando 0.05M de HCl. Finalmente se determinó que las capacidades de biosorción para plomo son sensibles al pH por lo que es un parámetro que afecta la biosorción de los iones en solución. A valores de pH menor de 3.6 la capacidad de adsorción no es muy efectiva. Dentro del rango de pH de 3.6 a 4.1 la capacidad de biosorción de Plomo se incrementa rápidamente. Es decir, la capacidad de biosorción de Plomo se incrementa con el incremento del pH en solución. Trabajar con este aporte servirá para el desarrollo del presente proyecto respecto a las distintas observaciones del parámetro pH y poder hacer

recomendaciones acertadas acerca del tratamiento, así mismo servirá como soporte de investigaciones posteriores.

Así mismo, Tapia, Muñoz, Torres y Yarango (2014), en su investigación sobre la biosorción de Pb (II) por cáscara de naranja, en Lima, investigó las propiedades de biosorción de la cáscara de naranja modificada. Concluyendo que el pH óptimo para la biosorción del Pb+2 se encuentra entre 4.5 y 5.0. También que la cinética del proceso de biosorción demuestra que el proceso de fijación de los iones Pb(II) en los centros activos de adsorción es rápido, demora cerca de 6 horas para alcanzar el equilibrio. En conclusión, esta investigación da un tiempo estimado para que el proceso de fijación de Pb sea completo y se logre el equilibrio del tratamiento del metal.

Por otra parte, Samaniego, Arzamendia y Ayala (2016) en su artículo basado en la remoción de Hierro y Plomo en aguas residuales de Lima, investigaron la capacidad de bioadsorción de la cáscara de naranja agria para la eliminación de hierro y plomo presentes en aguas residuales, donde se evaluaron 3 parámetros fisicoquímicos (concentración del metal, tamaño de partícula y dosis del bioadsorbente) haciendo uso de sólo 2 valores un máximo y un mínimo. Al evaluar la cinética del plomo con relación a la remoción y cantidad adsorbida por la cáscara de naranja agria, se obtuvo una reducción del 86% a los 100 min y la máxima cantidad de adsorción con un 93,6 mg/L se alcanzó en el mismo tiempo. Entonces se puede decir que esta biomasa constituye una alternativa para el tratamiento de aguas con contenido de estos metales. Por lo tanto, esta investigación hace mención relevante al tipo de cascará o la variedad de la naranja, lo que permite poder descartar otras variedades que fueron alternativas para usar durante el proceso de descontaminación del agua.

Según Alvarado (2017) en su tesis desarrollada en la ciudad de Cajamarca, estudió la influencia del tiempo de residencia y el tamaño de partícula de la cáscara de naranja sobre el porcentaje de reducción de plomo de un efluente minero usando. Realizó su estudio experimental

utilizando una muestra con plomo donde el tiempo de residencia y el tamaño de la partícula de la biomasa eran un factor variable. Llegando a la conclusión de que a medida que el tiempo de residencia aumentaba el tamaño de partícula disminuía, es así como se llegó a obtener una recuperación de 99.73 % (0.27 ppm Pb) a un parámetro de 2.0 horas y 0.4 mm de tamaño de partícula del *Citrus sinensis*. Por lo tanto, el presente estudio permitirá establecer la relación entre ambas variables para poder determinar los mejores tiempos y dosis lo cual, nos ayudará obtener un resultado favorable.

Ticona (2018) en su investigación publicada en Arequipa, investigó comparativamente el porcentaje de remoción con pectina obtenidos de diferentes frutos a partir de la cáscara de naranja, limón y de mandarina. Aplicó la siguiente metodología: Realizó un pre-tratamiento del material biosorbente, pectina obtenida a partir de la cáscara de naranja, limón y mandarina, se llevó a cabo mediante la selección de la cáscara de estos frutos, para posteriormente ser lavadas, secadas, trituradas, y desmetóxicadas con hidróxido de sodio (NaOH), y luego ser reticulada con una solución de cloruro de calcio (CaCl₂), a un pH 5 y en agitación constante, obteniendo un tamaño de 180-250 μm . Logrando así obtener un resultado eficiente con respecto a la pectina de mandarina; con relación a la concentración de plomo logró remover 71,95%; así también con respecto a la concentración de arsénico logró un mayor porcentaje de remoción de 43,64% en comparación con la pectina de naranja y limón que solo obtuvieron 43,13% y 40,89% respectivamente. Es así que teniendo en cuenta la investigación realizada por Ticona, por lo tanto, se concluye que podemos tener en cuenta otros productos de biomasa para utilizar en posteriores tratamientos de aguas contaminadas con Pb.

Así mismo, Mendoza (2018) en su publicación desarrollada en Patáz, tiene como fin estudiar y proponer un proceso que permita disminuir la concentración de plomo en aguas de la laguna de Pías, ubicada en la provincia de Patáz del departamento La Libertad,

mediante el tratamiento con cáscara de *Citrus x Sinensis* (naranja). Los procesos de tratamiento de remoción, se determinó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica a la llama. Llegando a la conclusión que la granulometría de 0.841 mm y peso de 10 gramos de cáscara de naranja, lograron el mayor porcentaje de remoción de plomo hasta un 91.55% en un tiempo de 45 minutos, siendo este tratamiento el más efectivo. Se concluye que ambos factores son importantes para poder lograr un mayor porcentaje de remoción de Pb con biomasa.

Teniendo en cuenta las variables de estudio, es que se pueden definir los siguientes términos con relación al tema expuesto.

BIOADSORCIÓN

La bioadsorción es un proceso que permite la captación activa o pasiva de iones metálicos, debido a la propiedad que diversas biomasas vivas o muertas poseen para enlazar y acumular este tipo de contaminantes por diferentes mecanismos. La aplicación de materiales de bajo costo obtenidos a partir de diferentes biomasas provenientes de la flora microbiana, algas y residuos agroindustriales ha sido investigada para reemplazar el uso de métodos convencionales en la remoción de contaminantes, tales como los metales pesados. Entre los metales de mayor impacto al ambiente por su alta toxicidad y difícil eliminación se encuentran el cromo, níquel, cadmio, plomo y mercurio. (Tejada et al, 2015, p. 110).

TRATAMIENTO DE AGUAS

El término tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales. La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar. (Maldonado, 2014, p. 1)

PLOMO

Elemento químico, Pb, número atómico 82 y peso atómico 207,19. El plomo es un metal pesado de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. (Ramirez, 2005, p. 58)

Por otro lado, desde un punto de vista toxicológico (ATSDR, 2007), menciona que dentro de los metales pesados más importantes a considerar es el plomo, el cual ocupa el segundo lugar en la lista de “las 20 sustancias más peligrosas” listadas según la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. El 14% de este metal se produce en América Latina, siendo los más importantes en este rubro Perú y México.

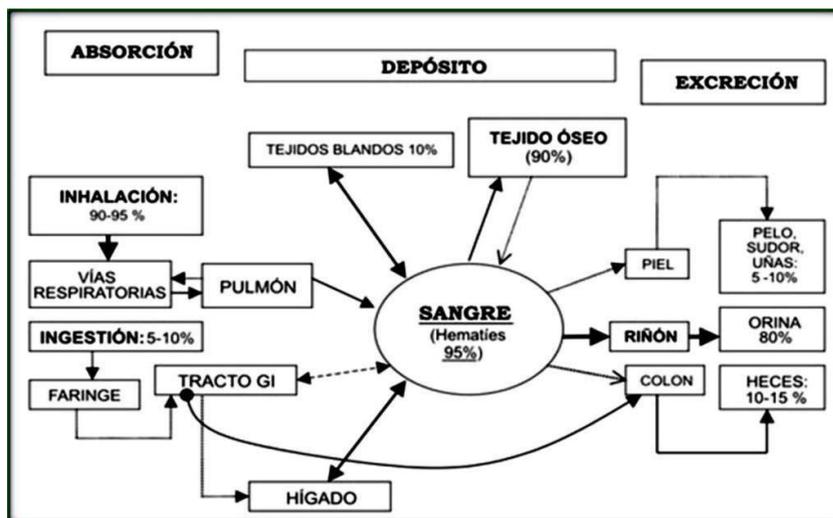
EFFECTOS DEL PLOMO SOBRE LA SALUD

El Plomo es un metal blando que ha sido conocido a través de los años por muchas aplicaciones. También, es uno de los cuatro metales que tienen un mayor efecto dañino sobre la salud humana. Este puede entrar en el cuerpo humano a través de la comida (65%), agua (20%) y aire (15%). El Plomo puede entrar en el agua potable a través de la corrosión de las tuberías y de manera directa contamina las aguas superficiales a través de las descargas industriales que desembocan en éstas. (Cruz, 2012, p. 39).

Por consiguiente, el plomo afecta todos los órganos y sistemas. Actúa como agonista o antagonista de las acciones del calcio y se relaciona con proteínas que poseen los grupos sulfidrílicos, amina, fosfato y carboxilo. El nivel sanguíneo de plomo materno aumenta el riesgo fetal y de alteraciones neurológicas en los recién nacidos. Los embarazos con niveles elevados de plomo en la sangre tienen un riesgo mayor de partos prematuros, abortos espontáneos, muertes fetales y de recién

nacidos con peso bajo para su edad gestacional. En niños, se ha asociado la exposición al plomo con ausencias más frecuentes a la escuela, menor rendimiento escolar, intervalos de reacción prolongados y coordinación mano-ocular disminuida. La inmadurez fisiológica de fetos e infantes (hasta la edad de 36 meses) aumenta el riesgo de que el plomo penetre al sistema nervioso central, lo que puede resultar en alteraciones neurológicas o de conducta permanentes. El plomo también puede afectar los sistemas renal, endocrino y sanguíneo. No existe un nivel de plomo en sangre que se pueda considerar inocuo en niños. La ausencia de síntomas no excluye el envenenamiento por plomo. Algunos estudios sugieren que el plomo continúa ejerciendo efectos negativos en la conducta social juvenil. Además, los efectos inmediatos del plomo son neurológicos, pero el envenenamiento en la infancia puede conducir más tarde a problemas renales, hipertensión arterial y problemas de la reproducción. (Gamero, 2018, p. 8).

Figura N°01: Modelo metabólico del plomo en el ser humano



Fuente: Ramírez, 2005

NARANJA

Es el fruto del naranjo dulce, árbol que pertenece al género *Citrus* de la familia de las Rutáceas. Esta familia comprende más de 1.600 especies. El género botánico *Citrus* es el más importante de la familia, y consta de unas 20 especies con frutos comestibles todos ellos muy abundantes en vitamina C, flavonoides y aceites esenciales. Al respecto, Sierra, (2014) menciona que los frutos, llamados hespérides, tienen la particularidad de que su pulpa está formada por numerosas vesículas llenas de jugo. Además, El naranjo dulce es el más cultivado de todos los cítricos, siendo la especie más importante del género *Citrus*. Tras ella le siguen en importancia sus parientes más próximos: mandarinos, limoneros, pomelos, limeros y kumquats. (Citado en Aguilar y Flores, 2018, p. 10).

CÁSCARA DE *Citrus x Sinensis*

La naranja que es destinada como insumo para la agroindustria es utilizada para la producción de jugos principalmente, cuyo proceso conlleva una generación considerable de desechos como cáscaras, pulpa y semillas, que se han vuelto una carga sustancial para el medio ambiente. (Cerón y Cardona, 2009, p. 67).

COMPOSICIÓN INTERNA DE LA NARANJA

Los componentes de la naranja son: Jugo, Flavedo, Alvedo, pulpa, bagazo y semillas.

Tabla N°01: Componentes de la naranja

Componentes	Porcentaje en peso
Jugo	40 – 45
Flavedo	8 – 10
Albedo	15 – 30
Pulpa y bagazo	20 – 30
Semillas	0 – 4

Fuente: Mars, 1971

Epicarpio o Flavedo

Braverman, (1952) menciona que el flavedo, es el tejido exterior que descansa bajo la epidermis, consiste en una capa parenquimatosa rica en cromoplasto que contiene a numerosos sacos de aceite esencial. El pigmento incluido no está igualmente distribuido en todas las células, más bien se concentra en pequeñas estructuras, plastidos, los cuales son maduros y gradualmente pasa de amarillo a naranja (cromoplastos, plásticos coloreados diferentes a verde) con el progreso de la maduración. Así mismo, Primo, (1979) señala que dentro del epicarpio existen dos componentes mayores y de mucha importancia: los carotenoides y los aceites esenciales. Los carotenoides son los principales pigmentos, cuyo contenido promedio es de 20 – 30 mg/100g y los aceites esenciales presentan un contenido promedio de 0,5 a 1 ml por 100 cm de superficie. (citado en Gozar y Mucha, 2011).

Mesocarpo o Albedo

Primo, (1979) explica que el Albedo se ubica debajo del flavedo, y es una capa de tejido de color blanco, esponjoso y celulósico. Constituye la mayor parte de la corteza y forma el corazón o eje central del fruto. Además, Braverman, (1952) añade que el albedo fresco contiene de 75 a 80% de agua y sus principales componentes,

calculados en relación con la materia seca, están distribuidos aproximadamente de la siguiente forma: azúcares 44%, celulosa (incluyendo lignina y pentosanas) 33% y sustancias pecticas 20%. (citado en Gozar y Mucha, 2011).

BIOMASA

La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. (García, 2013).

BIOADSORCIÓN

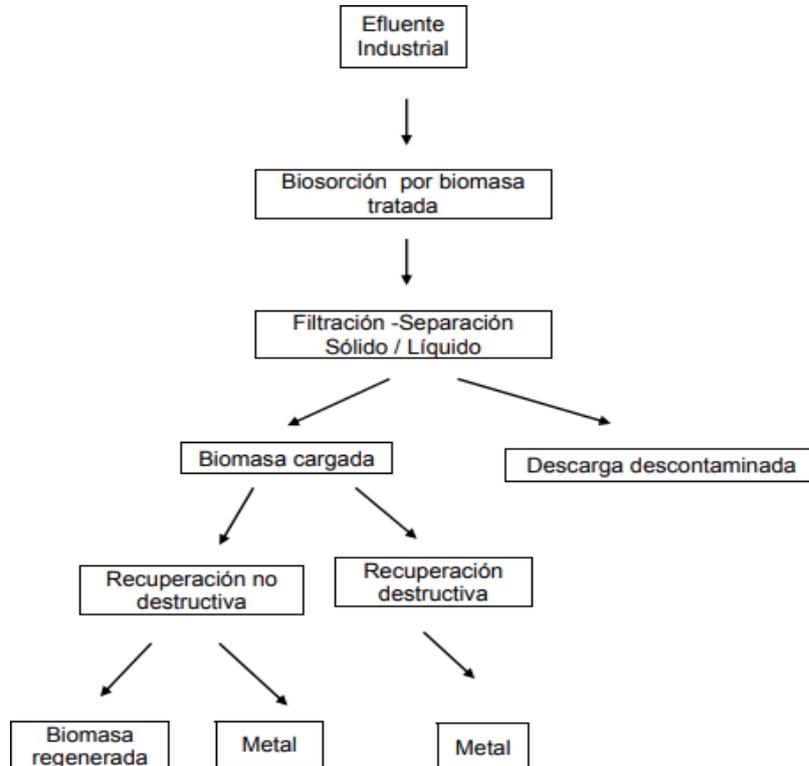
La bioadsorción de metales pesados por medio de microorganismos, es un proceso que utiliza biomasa viva o muerta, para retirar o inmovilizar estos iones metálicos de un medio líquido o sólido; se ha estudiado en detalle desde los años 70. Se ha logrado un amplio conocimiento acerca de los mecanismos físico – químicos del proceso, llevando actualmente las investigaciones a la transformación genética de microorganismos para la optimización del proceso de bioadsorción. Estos bioadsorbentes para ser aplicados necesitan ser pretratados químicamente para tener una mejor capacidad de adsorción en los procesos de aplicación como remoción de metales pesados o recuperación de especies metálicas en solución. (Mejía, 2006, p. 2).

PROCESO DE BIOADSORCIÓN

Esta tecnología se basa en la recuperación de metales usando biomasas de organismos vivos y no vivos como bacterias, microalgas, hongos, etc.

La Figura N°02 nos muestra el interés para la aplicación de esta técnica de biosorción usando materiales adsorbentes para la extracción de iones de metales pesados de efluentes industriales todo esto debido a la abundancia y bajo costo de la materia prima al encontrarse en grandes cantidades. (Muñoz, 2007, p. 10)

Figura N°02: Proceso de Bioadsorción



Fuente: Muñoz, 2007

PARÁMETROS DE SORCIÓN

Relacionándolo con este proyecto, la eliminación de metales pesados mediante procesos de extracción sobre sólidos sorbentes requiere un conocimiento previo de las condiciones más favorables en que se produce este fenómeno. Es decir, la estructura y características del sólido sorbente y de las condiciones experimentales como el pH, la concentración de metal, la competencia con otros iones y del tamaño de partícula. (Ordóñez, 2015, p. 25)

TIEMPO DE EQUILIBRIO

El tiempo de equilibrio es el instante a partir del cual se satura el raspo y por más que se mantenga en contacto el metal y el material sorbente no aumentará la cantidad de metal extraída. (Muñoz, 2007, p. 42)

EFECTO DEL PH

Los metales en disolución acuosa se encuentran en forma de diferentes especies químicas en función del pH de la disolución, de aquí la fuerte dependencia que existirá entre el pH de la disolución y la posibilidad de extracción del metal, ya que según la especie química los mecanismos de sorción varían. También hay que considerar que para valores bajos de pH la concentración de protones es elevada y éstos pueden competir con los iones de metal por unirse al material (Ordoñez, 2014, p. 26).

En el marco de las leyes de estado, los reglamentos que dan fundamento al trabajo de investigación son los siguientes:

Ley General del Ambiente – Ley N°28611:

Art. I. Del derecho y deber fundamental

Establece los principios fundamentales para asegurar un ambiente saludable y equilibrado a fin de contribuir con el desarrollo de la vida y el deber de lograr el desarrollo sostenible en la población. Por otro lado, menciona que el Estado promueve y controla el aprovechamiento sostenible de las aguas continentales a través de la gestión integrada del recurso hídrico, previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno como parte del ecosistema donde se encuentran; así mismo, regula su asignación en función de objetivos sociales, ambientales y económicos. Además, promueve la inversión y participación del sector privado en el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

CAPITULO II – Art. 11 De los lineamientos ambientales básicos de las políticas públicas.

Se menciona la promoción del desarrollo y uso de tecnologías más limpias, así mismo como el fortalecimiento de la gestión ambiental tomando en cuenta los problemas ambientales que deben ser

asumidos integral e intersectorialmente con el objetivo de proteger el ambiente y el desarrollo sostenible.

CAPITULO III – Art. 31. Del Estándar de Calidad Ambiental

Este indicador ambiental establece el grado de elementos, sustancias o parámetros físico-químicos y biológicos presentes en el agua, aire y/o suelo como cuerpo receptor, que no presentan riesgo significativo para la salud humana ni al ambiente. Es necesario enfatizar que El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Ley de Recursos Hídricos- Ley N°29338:

Tiene como finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, ya que es un recurso muy valioso en todos los ámbitos: culturales, económicos, sociales y ambientales.

Es por ello, que la conservación de los recursos hídricos en los espacios de cuencas es sumamente importante, las cuales deben ser preservadas en coordinación con las entidades públicas y actores implicados.

Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

Está orientado a la evaluación de la calidad de los recursos hídricos con metodologías de monitoreo actualizadas. Se refiere básicamente a la aplicación de procedimientos estandarizados para garantizar que la información sea consistente y confiable.

Formulación del problema

¿Cuál es la capacidad de bioadsorción de *CitrusxSinensis* en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo de la cuenca del Río Moche?

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar la capacidad de bioadsorción de *Citrusxsinensis* en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo de la cuenca del Río Moche

Objetivos específicos

- Caracterizar las muestras de agua de la Cuenca del Río Moche con respecto al pH y la concentración de Pb.
- Determinar la concentración Inicial y Final de plomo en el agua de la Cuenca Moche.
- Determinar la concentración óptima de biomasa de *CitrusxSinensis* y tiempo de agitación que permita la remoción de plomo en aguas de la Cuenca Moche.
- Determinar el porcentaje de remoción de plomo en las aguas de la Cuenca Moche.

Hipótesis

Hipótesis general

La cáscara de *CitrusxSinensis* removerá el 80 % de plomo de las aguas contaminadas de la Cuenca Moche.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

De acuerdo con la naturaleza de los datos pertenecería al grupo Cuantitativo, debido a que los resultados serán medidos y mostrados numéricamente en datos estadísticos.

Además, según lo explicado por Bono (2012) este proyecto de investigación pertenecería al diseño de tipo pre-experimental ya que los tratamientos a la variable se dan de manera aleatoria pudiéndose trabajar con comparaciones previas o posteriores al tratamiento, así mismo carece de un grupo control.

De acuerdo con la finalidad de la investigación esta sería Aplicada, ya que se vincula con la investigación básica para generar conocimientos que mejoren la calidad de vida.

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Materiales

Material de origen biológico

- Biomasa Cáscara de Naranja *CitrusxSinensis*.
- 5L de muestra de agua de la Cuenca Moche.

Material de Laboratorio

- Tubos de ensayo HACH de vidrio
- Fiolas de vidrio de: 50, 100 y 250 mL.
- Vasos de precipitación Pirex de: 250 y 500 mL.
- Luna de reloj de vidrio.
- Papel filtro.
- Tubos cónicos para centrífuga Falcón de 15 mL.
- Tubos de centrífuga con tapa rosca. Falcón de 50 mL.

- Pastillas magnéticas.

Equipos

- Agitador magnético. Marca Metler. Modelo M6 (Ginebra, Suiza).
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica 200 series AA. Marca AGILENT TECHNOLOGIES. Modelo 240FS AA (Santa Clara, Estados Unidos).
- Medidor multiparámetro (para medir pH). Marca HACH. Modelo HQ40D (Berlín, Alemania).
- Balanza digital. Marca OHAUS. Modelo SJX622/E (Newark, Nueva Jersey).
- Estufa. Marca MEMMERT. Modelo UN – 30 (Alemania).
- Molino manual.
- Micropipeta (1000 – 5000 μ L).
- Micropipeta (20 – 200 μ L).
- Centrífuga eléctrica. Marca BOECO. Modelo S-8 (Berlín, Alemania).

Recolección de datos

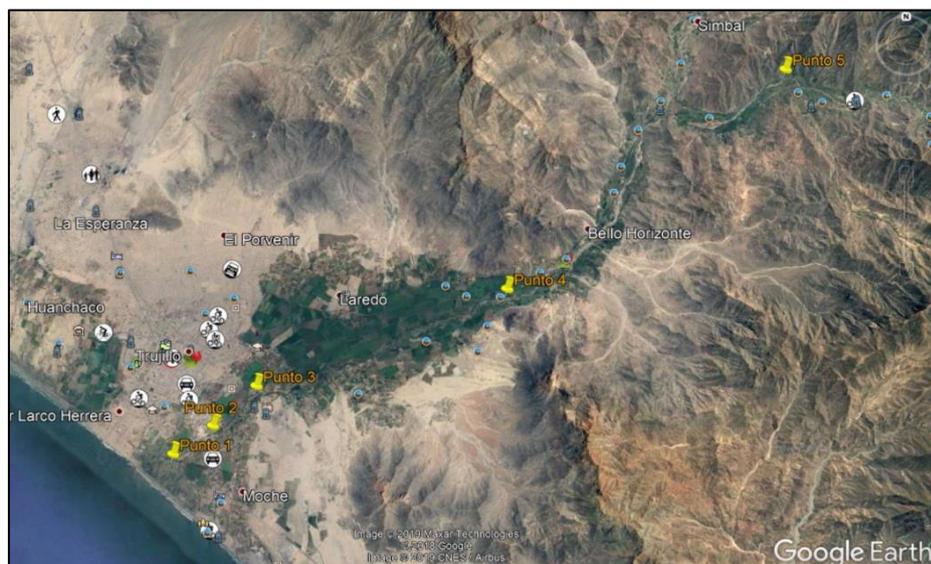
Obtención de la muestra de agua con Pb

Para la recolección de la muestra se tuvo en cuenta los puntos de monitoreo del ANA, los cuales sirvieron como soporte para determinar la ubicación de los puntos de muestreo, la identificación y accesibilidad al lugar para evitar futuros inconvenientes en el proceso de la investigación.

Se fijó 5 puntos de muestreo en la Cuenca del Río Moche, cumpliendo con el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos

Hídricos Superficiales” RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 010-2016-ANA. Es así que, se dio énfasis el punto 6.4. Planificación del monitoreo.

Figura N° 03: Puntos de muestreo



Fuente: Google Earth

Establecimiento de la red de puntos de monitoreo: Según lo establecido por la ANA (Autoridad Nacional del Agua) en el 2016, los puntos de monitoreo se deben establecer en gabinete. Es por ello, que los puntos a considerar fueron ubicados utilizando herramientas informáticas como el Google Earth.

TABLA N° 02: Ubicación de los 5 puntos de muestreo, a lo largo de la Cuenca del Río Moche en el Sistema de Coordenadas WGS84.

CÓDIGO DE MUESTREO	NORTE	ESTE
R-MOCHE-01	9 098 033	717 113
R-MOCHE-02	9 099 291	718 914
R-MOCHE-03	9 101 071	720 895
R-MOCHE-04	9 105 304	732 203
R-MOCHE-05	9 115 018	744 746

Fuente: Elaboración Propia

Codificación del punto de muestreo: Luego de definir los puntos a monitorear se procedió a determinar las etiquetas de cada punto a muestrear, las cuales fueron las siguientes: R-Moche-01, R-Moche-02, R-Moche-03, R-Moche-04 y R-Moche-05, respectivamente.

Rotulado y Etiquetado: Se preparó el rotulado y etiquetado en cada envase a utilizar, los cuales contenían la siguiente información. Ver ANEXO N° 17

Toma de muestra: La toma de muestra se llevó a cabo según el procedimiento establecido en el punto 6.15 del Protocolo para el Monitoreo de los Recursos hídricos, también se consideró el punto 5.1. con respecto a la Ubicación de puntos de control para el muestreo.

Preservación: Después de tomar las muestras con sus respectivas etiquetas se procedió a almacenarlas en un cooler con gel refrigerante y bolsas con hielo.

Cadena de custodia: Posterior al monitoreo, se llevó a cabo el llenado de la cadena de custodia, que según el MINAM (2014) es el procedimiento documentado de la obtención de muestras realizado por el personal responsable.

Transporte de las muestras: Así mismo, las muestras fueron transportadas inmediatamente al laboratorio de la Universidad Privada del Norte para llevar a cabo el procedimiento de análisis y lectura de resultados.

Obtención de la biomasa de cáscara de naranja

Se compró 5 kg de cáscara de naranja procedentes de los negocios dedicados a la venta de jugos en la ciudad de Trujillo, Perú.

Preparación de la biomasa residual

El material bioadsorbente, fue recolectado en cantidad suficiente, para luego ser sometido a través de las etapas que se describen a continuación:

Selección: En esta operación se tuvo en cuenta como requisito indispensable el mejor estado del residuo orgánico, para evitar su pronta descomposición y garantizar una biomasa en condiciones adecuadas.

Limpieza: El material vegetal se sometió a un lavado con abundante agua destilada, con el fin de eliminar impurezas y compuestos solubles tales como: taninos, resinas azúcar- reductoras y agentes colorantes.

Secado: Una vez limpia la cáscara de naranja, se sometió a un proceso de secado, utilizando un horno, a una temperatura de 60°C durante 48 h. hasta obtener una masa homogénea la cual tuvo un peso de 580.7 gr.

Troceado: Luego del secado se procedió a cortarlas en pequeños trozos de aproximadamente 4 cm, de forma manual, esto con el fin de facilitar el molido.

Molienda: Se procedió a reducir el tamaño del material con ayuda de un molino manual hasta obtener la biomasa en polvo.

Tamizado: Una vez pulverizado se procedió a tamizar por tamaños utilizando un colador de malla número #7.

Almacenamiento: Se podreció a guardar la biomasa en una bolsa hermética con el fin de que no se adhiriera humedad y evitar una contaminación cruzada, cabe mencionar que la biomasa no se añadió ningún tratamiento posterior hasta su uso.

Análisis de las muestras

Técnica de Absorción Atómica

La absorción atómica es el proceso que ocurre cuando átomos de un elemento en estado fundamental absorben energía radiante a una longitud de onda específica y luego la pierden en forma de calor. Las muestras se vaporizan y se convierten en átomos libres, en un proceso denominado atomización. Sobre el vapor atómico originado se hace incidir la radiación electromagnética que será absorbida parcialmente por el analito. (Delgado C, 2015, p. 65)

Los elementos que más comúnmente son dosificados por AA con llama son Pb, Cu, Zn, Ca, Mg, Fe, etc que requieren sensibilidades del método en el orden de las décimas de ppm. (Muñoz J, 2007, p. 36)

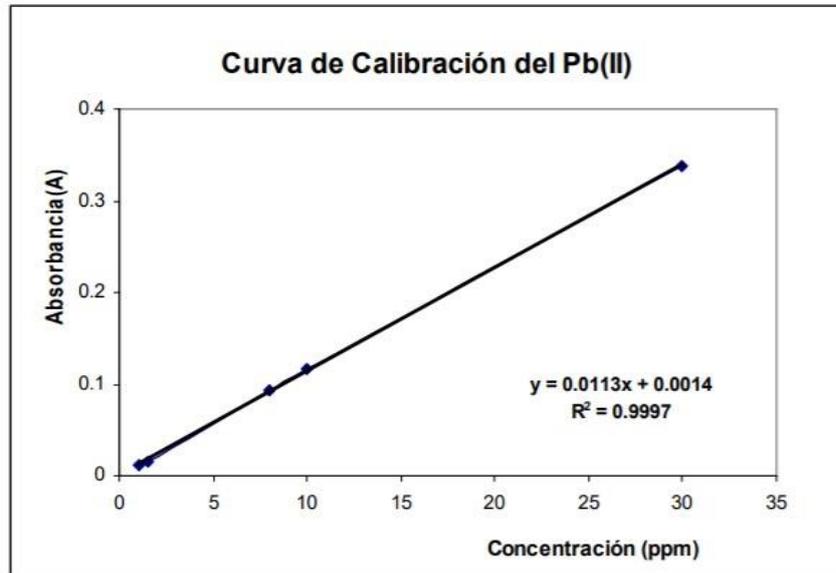
La espectroscopía de Absorción Atómica se basa en la absorción de luz por los átomos de un elemento a cuantificar en una muestra cuando se hace incidir en ella un haz de luz emitido por una lámpara con una rigurosa longitud de onda definida, la cual corresponde a la longitud de onda de emisión, característica del elemento particular escogido para el análisis. La extensión a la cual la luz es absorbida provee una estimación de la concentración del elemento en la muestra, la cual debe estar en solución. Por lo cual requiere un tratamiento previo, para que sea atomizada en una flama, la intensidad del rayo de luz emergente, después de la absorción por la muestra, esta es medida para determinar su absorción. Una lámpara diferente se requiere para cada longitud de onda característica de tal forma que el análisis de cada elemento necesita una medición por separado.

Análisis de Plomo, Pb (II) en las muestras: La concentración de Pb (II) en las muestras se determinó por la técnica de Absorción Atómica.

Curva de calibración del equipo de Absorción Atómica: Condiciones instrumentales para el análisis de Pb (II) por Absorción Atómica:

- Se usa corrección de fondo (background)
- Lámpara de cátodo hueco de Plomo
- Longitud de onda = 283.3 nm
- Combustible = Acetileno
- Oxidante = Aire
- Slit = 0.7
- Medida de señal = Absorbancia
- Sensibilidad = 0.5 mg/L
- Limite de detección = 0.1 mg/L

Figura N° 04: Curva de calibración del Pb (II)



A continuación, se detalla los tratamientos realizados durante la investigación con respecto a la cantidad de biomasa utilizada, tiempo, número de repeticiones y revoluciones para cada caso.

TABLA N° 03: Tabla de tratamientos

TRATAMIENTO	BIOMAS A (gr)	TIEMPO (min)	N° (repeticiones)	REVOLUCIONES (RPM)
T1	2	8	3	200
		8		
		8		
T2	6	8	3	200
		8		
		8		
T3	2	45	3	200
		45		
		45		
T4	6	45	3	200
		45		
		45		

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Procedimiento

Primera etapa

En esta primera etapa se consideró realizar la caracterización inicial de los 5 puntos muestreados en la Cuenca del Río Moche, evaluando los siguientes parámetros.

pH = en unidades
[Pb (II)] inicial = en ppm ó mg/L

Segunda etapa

Conociendo el resultado inicial de cada parámetro, tanto de pH como la concentración de Pb (II) de los 5 puntos de muestreo, se optó por realizar el tratamiento al punto con mayor concentración de plomo; es decir el punto con código de monitoreo **R-Moche-01**. Para la muestra de dicho punto, se preparó las dosis apropiadas de biomasa 2 y 6 gramos, además, a cada dosis se le realizó 3 repeticiones, sumado a esto se le dio dos tiempos de 8 y 45 minutos respectivamente a 200 RPM, haciendo un total de 12 tratamientos.

Tercera etapa

Esta etapa consistió en la preparación de las muestras con sus 3 repeticiones para su posterior lectura.

El primer paso fue agregar 100 ml de muestra a 12 vasos de precipitación, para luego añadir la biomasa según la dosis de 2 y 6 gr. Una vez listos los tratamientos, se procedió a llevarlos al agitador magnético de marca MULTISTIRRER, aquí se programó dos tiempos de 8 y 45 minutos a 200 RPM. Posterior a este procedimiento, se vertió el resultado de cada tratamiento a 12 tubos de centrífuga con tapa y rosca para poder seguir con el centrifugado de las muestras a 1000 RPM x 5 min. Luego de este tiempo se procedió a la medición de la concentración de plomo a través del equipo espectrofotómetro para su análisis final y poder evaluar la influencia de la cascará de naranja como bioadsorbente

para reducir los niveles de plomo en las aguas de la Cuenca del Río Moche.

Se consideró la siguiente ecuación para determinar la capacidad de bioadsorción de *Citrus x Sinensis*.

$$q_e = \frac{(C_i - C_f)}{W} \times V \dots \text{EC 01}$$

q_e : Capacidad de bioadsorción (mg/g)

C_i : Concentración inicial del adsorbato (mg/L)

C_f : Concentración final del adsorbato (mg/L)

W : Cantidad del bioadsorbente utilizada (g)

V : Volumen de la solución (L)

Así mismo, el porcentaje de remoción de Pb^{+2} se evaluó por diferencia de la concentración inicial y su correspondiente remanente de la solución mediante la expresión:

$$\% \text{ de remoción de } Pb = \frac{\text{Concentración (inicial-remanente)}}{\text{Concentración Inicial}} \times 100 \dots \text{EC 02}$$

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Caracterización de las muestras de agua de la Cuenca del Río Moche con respecto al pH y la concentración de Pb.

Los primeros resultados de concentración de plomo y pH obtenidos de la Cuenca Moche sirvieron para determinar el punto más crítico y este a su vez, ser elegido para poder aplicar la biomasa de *CitrusxSinensis*.

A continuación, se muestra el pH inicial de cada punto de monitoreo en la Cuenca Moche.

TABLA N°04: pH Inicial de los puntos de monitoreo

CÓDIGO DE MUESTREO	pH
R-MOCHE-01	3.71
R-MOCHE-02	6.48
R-MOCHE-03	6.8
R-MOCHE-04	6.69
R-MOCHE-05	7.19

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se muestran los resultados de la concentración de Pb en cada punto de muestreo en la Cuenca Moche.

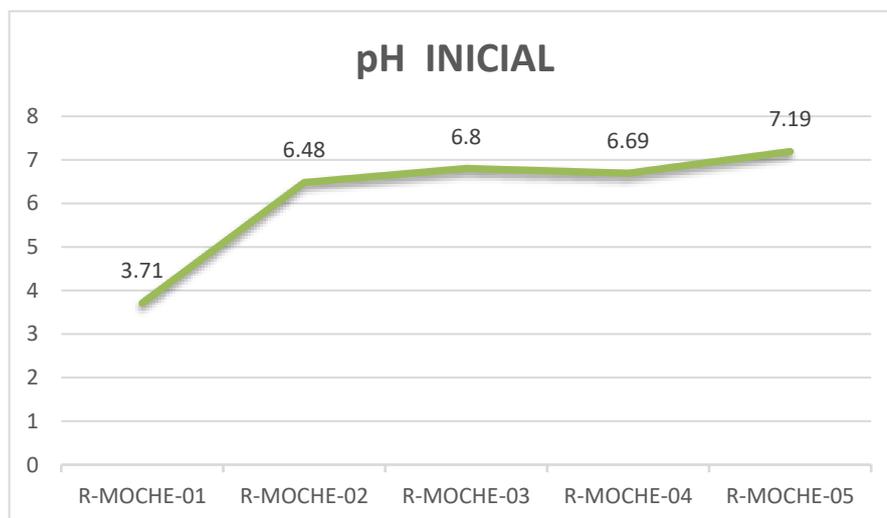
TABLA N°05: [Pb] Inicial de los puntos de monitoreo

CÓDIGO DE MUESTREO	[Pb]
R-MOCHE-01	0.28
R-MOCHE-02	0.24
R-MOCHE-03	0.20
R-MOCHE-04	0.22
R-MOCHE-05	0.19

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los resultados obtenidos de las Tablas N° 04 Y 05, es que debido a la mayor concentración de Pb y el pH ácido se optó por elegir el punto de monitoreo con código **R-MOCHE-01** para realizar los tratamientos con biomasa (*CitrusxSinensis*).

Figura N° 05: pH inicial de cada punto de muestreo



Fuente: Elaboración propia

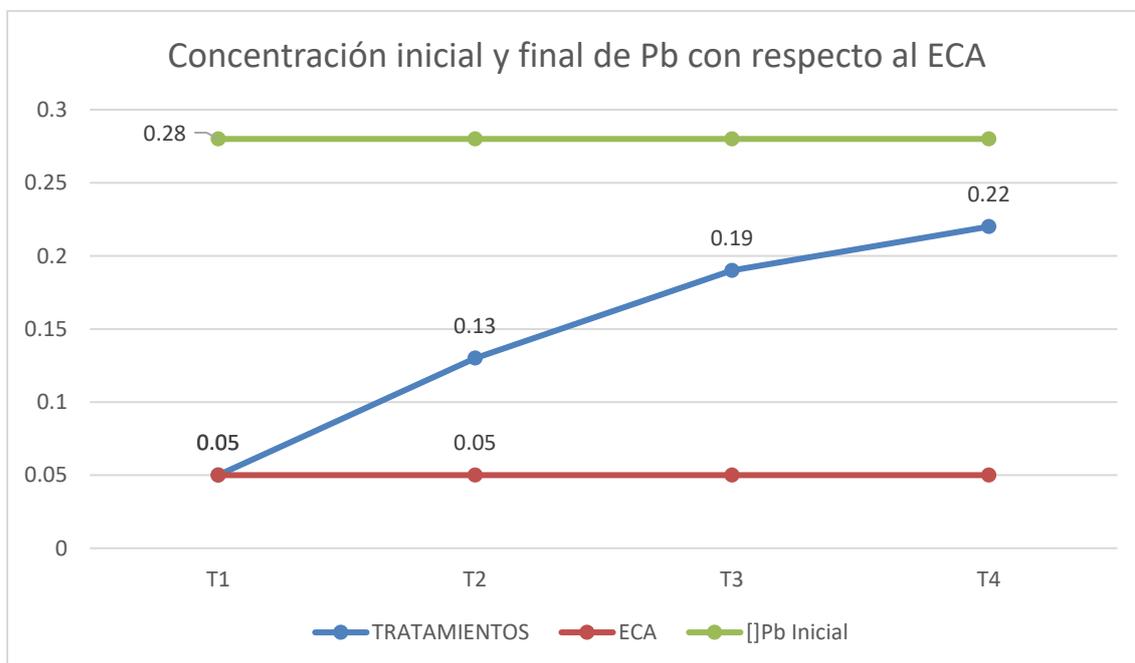
3.2. Concentración Inicial y Final de plomo en el agua de la Cuenca Moche.

TABLA N°07: Concentración inicial y final de Pb con respecto al ECA

TRATAMIENTO	[Pb] PLOMO INICIAL (mg/l)	[Pb] PLOMO FINAL (mg/l)	PROMEDIO [Pb] PLOMO (mg/l)	D.S. N°004-2017 MINAM
T1	0.28	0.06	0.05	[Pb] 0.05 mg/l
		0.04		
		0.05		
T2		0.11	0.13	
		0.13		
		0.15		
T3		0.17	0.19	
		0.23		
		0.19		
T4		0.23	0.22	
		0.22		
		0.22		

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 06: Concentración inicial y final de Pb con respecto al ECA



Fuente: Elaboración propia

3.3. Determinación de la concentración óptima de biomasa de *CitrusxSinensis* y tiempo de agitación que permite la remoción de plomo en aguas de la Cuenca Moche.

TABLA N° 08: Resultados de Biomasa y Tiempo de agitación en cada tratamiento

TRATAMIENTO	BIOMASA (gr)	TIEMPO (min)	N° (repeticiones)	[Pb] PLOMO FINAL (mg/l)
T1	2	8	3	0.06
		8		0.04
		8		0.05
T2	6	8	3	0.11
		8		0.13
		8		0.15
T3	2	45	3	0.17
		45		0.23
		45		0.19
T4	6	45	3	0.23
		45		0.22
		45		0.22

Fuente: Elaboración propia

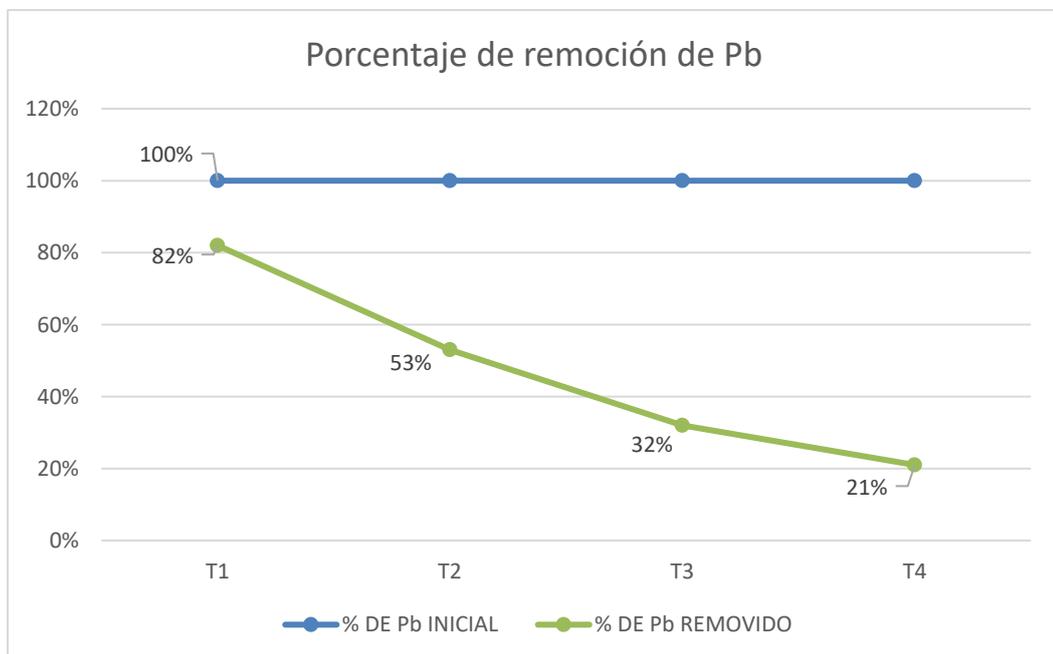
3.4. Determinación del porcentaje de remoción de plomo en las aguas contaminadas de la Cuenca Moche.

TABLA N°09: Porcentaje de remoción de Pb

TRATAMIENTO	% DE Pb INICIAL	% DE Pb REMOVIDO
T1	100%	82.14%
T2		53.57%
T3		32.14%
T4		21.42%

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 07: Porcentaje de remoción de Pb



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°10: Prueba de normalidad

Tratamiento	Kolgomorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	GI	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T1	0.175	3	.	1.000	3	1.000
T2	0.175	3	.	1.000	3	1.000
T3	0.253	3	.	0.964	3	0.637
T4	0.385	3	.	0.750	3	0.000

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N°10 se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, para comprobar si las concentraciones finales de plomo pertenecen a una distribución normal en todos y cada uno de los tratamientos, en este caso todos los tratamientos a excepción del tratamiento 4 presentan una distribución normal, ya que el grado de significancia del tratamiento 4 es menor a 0.05, por lo tanto, las concentraciones finales de plomo no se ajustan a una curva normal.

Tabla N°11: Prueba de Kruskal-Wallis

	Hipótesis	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de plomo fina (mg/l) es la misma entre las categorías de tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.022	Rechazar la hipótesis nula

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°11 se trabajó con la prueba de Kruskal-Wallis, para determinar si las medias de las concentraciones finales de plomo en todos y cada uno de los tratamientos son iguales. Dado que el nivel de significancia es menor a 0.05 se puede concluir que existe alguna de las medias de las concentraciones finales de plomo en todos y cada uno de los tratamientos diferentes, en este caso habría lugar a evaluar las

comparaciones múltiples, puesto que se ha encontrado diferencias significativas en la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla N°12: Prueba de Holm

Muestra 1 – Muestra 2	Estadístico de contraste	Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig.
T1 – T2	-3.000	2.934	-1.023	0.306	1.000
T1 – T3	-6.833	2.934	-2.329	0.020	0.119
T1 – T4	-8.167	2.934	-2.784	0.005	0.032
T2 – T3	-3.833	2.934	-.1.307	0.191	1.000
T2 – T4	-5.167	2.934	-1.761	0.078	0.469
T3 – T4	-1.333	2.934	-0.455	0.649	1.000

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N°12 presenta las comparaciones entre tratamientos, donde se puede observar que entre los tratamientos: 1 (T1) y 2 (T2), 1 (T1) y 3 (T3), 2 (T2) y 3 (T3), 2 (T2) y 4 (T4), 3 (T3) y 4 (T4) no existen pruebas estadísticas suficientes para afirmar que existe diferencia de medias entre estos, pero entre el tratamiento 1 (T1) y el tratamiento 4 (T4), debido a que el nivel de significancia es menor a 0.05, se puede concluir que si existe evidencia estadística significativa para afirmar que existe una diferencia de medias entre estos.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En la Tabla N° 08, se evidencia que el experimento consiste en 4 tratamientos realizados, para lo cual, se trabajó el peso de la biomasa y el tiempo de agitación como indicadores fundamentales, no dejando de lado el pH de la muestra, que a su vez este ya contaba con un potencial de hidrógeno ácido pH de 3.71 para una mejor bioadsorción. En este aspecto, se trabajó bajo los estudios de Navarro, Ramos, Campos y Maldonado (2006) y Rentería et al. (2014) que reportaron eficiencias mayores de remoción del ion Pb^{+2} en soluciones con pH desde 3.0 hasta 5.0 utilizando materiales bioadsorbentes, argumentando que en medios alcalinos ciertos iones metálicos como el plomo tienden a formar complejos hidroxilados que favorecen la precipitación en forma de $Pb(OH)_2$.

Cabe mencionar que, según los análisis realizados inicialmente a la muestra, se pudo evidenciar que, conforme se realizaba el muestreo aguas arriba de la cuenca desde el punto 1 al punto 5 el pH se muestra en ascenso notable de 3.71, 6.48, 6.8, 6.96 y 7.19 respectivamente.

Asimismo, Muñoz (2007), menciona que las mejores características de pH están dentro de un rango de (3.6 PH a 4.1 PH) para obtener un mejor resultado al aplicar la biomasa.

Además, Tejada, et al. (2015) mencionan en referencia al pH, que este es un factor determinante en la adsorción de cada metal, y no solo en la toma del mismo, sino también cuando se desee llevar este proceso a escala industrial, puesto que se deben cumplir con disposiciones legales referentes al pH del efluente tratado. Por lo general para metales divalentes, como el níquel y el plomo diferentes autores reportan que al aumentar el pH aumenta la adsorción, siendo el de 5 un pH óptimo.

En este sentido, de todos los resultados mencionados anteriormente, se optó por realizar 4 tratamientos con 3 repeticiones al punto 1 con código de muestreo R-MOCHE-01 dado este presenta mayor incidencia de plomo y al mismo tiempo guarda relación con el parámetro pH según estudios.

En la Tabla N°05, se puede observar que el parámetro de estudio (plomo) presenta una mayor concentración de 0.28 mg/L en el punto 1 con código R-MOCHE-01, así mismo, la concentración disminuye a 0.24 mg/L en el punto 2 (R-MOCHE-02), para el punto 3 (R-MOCHE-03) se evidencia una reducción a 0.20 mg/L, en cambio en el punto 4 (R-MOCHE-04) pasa lo contrario y la concentración de plomo aumenta a 0.22 mg/L y para el último punto (R-MOCHE-05) de muestreo en la cuenca del Río Moche la concentración de plomo disminuye a 0.19 mg de plomo por litro de agua.

Teniendo en cuenta la Ley del MINAM (Ley General del Ambiente) y el D.S N° 004-2017 MINAM (Estándares de Calidad Ambiental para Agua) donde se establece el nivel de concentración de elementos físicos, químicos y biológicos en el agua, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente, en contraste con las muestras extraídas de la Cuenca Baja del Río Moche, se evidencia que los niveles de plomo analizados sobrepasan los valores establecidos de dicha ley. Es la Figura N°06, que nos permite comparar los resultados obtenidos de la concentración de plomo inicial y final, a su vez, identificar el tratamiento con mayor eficacia que se encuentre dentro del ECA.

Además, es necesario considerar lo mencionado por Bejarano (2016) donde indica que altas concentraciones de plomo en el agua puede causar la muerte por envenenamiento e intoxicación tanto de las plantas como animales, esto puede también incluir al ser humano al generar problemas de salud como asma, enfermedades cardiovasculares, trastornos, etc. Y el medio de contaminación sería básicamente, por

bioacumulación, ya sea al ingerir los alimentos o al tener contacto directo con el recurso contaminado.

Según la Tabla N°08 correspondiente a la concentración óptima de biomasa, nos muestra que el tratamiento N°1 (tratamiento con mayor efectividad) constó de la adición de 2gr de biomasa a un tiempo de agitación de 8 minutos.

Además, Samaniego, Arzamendia y Ayala (2016) investigaron en su trabajo la capacidad de bioadsorción de la cáscara de naranja agria para la eliminación de hierro y plomo presentes en aguas residuales. Se variaron 3 parámetros fisicoquímicos (concentración del metal, tamaño de partícula y dosis del bioadsorbente), asignando dos valores a cada uno: alto y bajo. Como resultado de las variaciones de los parámetros se generaron 4 experimentos diferentes para cada metal. El mejor porcentaje de remoción de plomo fue 96,61% y se obtuvo en el experimento 4 (pH=5, tamaño de partícula=0.5mm, concentración de metal=30 mg/L, dosis del bioadsorbente = 0.2g, tiempo de contacto=4h) Los resultados son similares a los obtenidos por Cardona, et al. (2013) en condiciones parecidas. Para este experimento se utilizó una concentración, dosis y tamaño de valor bajo, lo que es congruente con la teoría antes establecida para estos factores. Sin embargo, Cardona, et al. (2013) menciona que la mejor bioadsorción se da mediante un pH=5, tamaño de partícula=0.4mm, concentración del metal=80ppm, peso de cáscara de naranja=0.5g, tiempo de contacto=2h, donde mostró un porcentaje de remoción de 99.5 %.

En cambio, en la Tabla N°08 se muestra también que el tiempo de agitación con mayor efectividad es el de 8 minutos para 2 gr de biomasa. Sin embargo, Alvarado (2017) afirma que la reducción de plomo de efluente minero está directamente relacionada con el tiempo de residencia y el tamaño de partícula del *CitrusxSinensis*. A mayor tiempo de residencia y menor tamaño de partícula mayor será la reducción de plomo proveniente de efluente minero, obteniendo resultados de 95.12 % (4.83 ppm Pb) y a medida que el tiempo de

residencia aumentaba y el tamaño de partícula disminuía, la reducción de plomo aumentaba, es así como se llegó a obtener una recuperación de 99.73 % (0.27 ppm Pb) a un parámetro de 2.0 horas y 0.4 mm de tamaño de partícula del *Citrus x Sinensis*.

En la Figura N°07, se observa que el experimento de mayor relevancia fue el tratamiento 1, dado que presenta un 82.14 % de bioadsorción, siendo la mejor de los 4 tratamientos, este tuvo un peso de 2 gramos a un tiempo de agitación magnética de 8 minutos, mientras que el tratamiento con menor relevancia fue el tratamiento 4 que tuvo un 21.42 % de bioadsorción con un peso de 6 gramos a un tiempo de agitación magnética de 45 min.

Así mismo, Tejada, et al. (2016) en su estudio tiene resultados significativos mediante la cáscara de naranja sin ningún tratamiento con un tamaño de partícula de 0.5 mm, a un pH de 6 obteniendo una remoción de 92.2 %. Así mismo, cabe recalcar que Mendoza (2018) determinó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica a la llama. Llegando a la conclusión que la granulometría de 0.841 mm y peso de 10 gramos de cáscara de naranja, lograron el mayor porcentaje de remoción de plomo hasta un 91.55% en un tiempo de 45 minutos, siendo este tratamiento el más efectivo, al mismo tiempo, el más parecido de acuerdo con la metodología utilizada para esta tesis. Además Bonilla (2016) a través de su proceso de aplicación en las aguas del río Antícona, la operación unitaria de bioadsorción redujo el contenido de plomo en 0,2354 mg/L, mediante la biomasa de carbón activado en 5 pH, 60 minutos, representando el 67,97% de efectividad, lo cual nos permite afirmar que la biomasa adsorbe de manera óptima sin ningún tratamiento adicional.

4.2 Conclusiones

- Se caracterizó la concentración inicial de pH, mostrando un valor de 3.71 lo cual influyó en la efectividad del tratamiento. Así mismo, se logró determinar la concentración de Plomo inicial en los 5 puntos muestreados a lo largo de la Cuenca Moche, mostrandose así la mayor concentración de Pb en el punto número 1 con 0.28ppm
- De acuerdo, a la concentración inicial y final de Pb, se evaluó la capacidad de bioadsorción en los distintos tratamientos realizados, llegando a la conclusión que el tratamiento 1 muestra una mayor bioadsorción con la retención de 0.0115 mg de iones plomo por un gramo de bioadsorbente.
- Se puede concluir que la concentración óptima de biomasa es la referida en el tratamiento 1, con una dosis de 2 gr del bioadsorbente a un tiempo de agitación de 8 minutos.
- Según la evaluación de cada tratamiento se evidenció que el mayor porcentaje de remoción de plomo de las aguas contaminadas del Río Moche fue de 82.14%, correspondiente al tratamiento 1, lo cual se evidencia en la prueba estadística aplicada dado a que su significancia es menor 0.05.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M. y Flores C. (2018). “Evaluación de la cáscara de naranja (*Citrus Cinensis*) como material adsorbente natural de ion metálico Cu(II)”. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7105/IQagsamb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alvarado H. (2017). “Efecto del Tiempo de residencia y tamaño de partícula en la reducción de plomo mediante bioadsorción con *Citrus Cinensis* en efluente minero del C.P. Tambillo – Cajamarca – Perú, 2017”. Universidad Privada del Norte. Recuperado de: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13239/Alvarado%20Cortez%20Henry.pdf?sequence=1>
- Autoridad Nacional del Agua. (31 de junio del 2008). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (D.S. N° 002-2008). Recuperado de <http://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no010-2016-ana-0>
- Autoridad Nacional del Agua (31 de marzo del 2009). Ley N° 29338. Recuperado de: <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/228/ANA0000044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bonilla, H. (2016) “Modelamiento de las isotermas de bioadsorción del Plomo (II) del efluente minero Río Anticona – Cerro de Pasco utilizando *Citrus Sinensis* (cáscara de naranja). Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4131/Bonilla%20Mancilla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bono, R. (2012). “Diseños cuasi-experimentales y longitudinales”. Recuperado de: <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30783/1/D.%20cuasi%20y%20longitudinales.pdf>
- Braverman (1952). “Generalidades de la Naranja”. Recuperado de: <https://atelim.com/universidad-nacional-del-centro-del-per.html?part=4>

- Cardona A., Cabañas D. y Zepeda A. (2013). “Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II).” *Ingeniería*, 17 (1), 1- 9. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/467/46729718001/>
- Cruz J., y Laura E. (2017). “Influencia del pH en la titulación por el método complexométrico para el análisis de plomo en el laboratorio Alfred H. Knight del Perú S.A.C”. Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3766/Cruz%20Huanca%20-%20Laura%20Huaman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cerón I. y Cardona C.(2010). “Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cáscara de naranja”. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v7n13/v7n13a04.pdf>
- Delgado C. (2015). “Determinación de la concentración de plomo por espectrofotometría de absorción atómica en sombras de ojos que se comercializan en los mercadillos de Tacna, 2014”. Recuperado de: http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/2154/634_2015_delgado_flores_cj_facs_farmacia_y_bioquimica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Del Carmen, M. (2010). H₂O Elixir de vida. *Revista trimestral de divulgación*, 1-9. Recuperado de: <http://www.elementalwatson.com.ar/Revista%201%20N%201df>
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental (2009). Contaminación del agua por metales. Recuperado de: <https://agua.org.mx/biblioteca/contaminacion-del-agua-por-metales/>
- Gamero, D. (2018). “Efecto de la exposición crónica al plomo en el desarrollo óseo en animales de experimentación”. Recuperado de: http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7575/MDDgate_dj.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- García V., Yipmantin A., Guzmán E, Pumachagua R., y Maldonado H. (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. Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2011000300002&lng=es&tlng=es
- Gozar, A. y Mucha L. (2011). “Elaboración y caracterización química y organoléptica de un filtrante de maca (*lepidium peruvianum chacón*) con cáscara de naranja (*Citrus aurantium*)”. Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1941/Cozar%20Basualdo%20-%20Mucha%20Oscanoa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huaranga Moreno, F., Méndez García, E., Quilcat León, V., & Huaranga Arévalo, F. (2012). Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú. Scientia Agropecuaria, 3(3), 235-247. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.03.05>
- Laura, V. (2018). “Estudio de la determinación de la actividad floculante en aguas provenientes del Río Chili conteniendo As, Pb y Cr tratados con Pectina obtenidos a partir de la cáscara de naranja, limón y mandarina”. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6884>
- León, M. (1992). “Evaluación de algunos metales que afectan la Calidad del río Moche”. Universidad Agraria la Molina. Lima – Perú.” Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5113818.pdf>
- Lugo, V., Barrera, C. y Hernández, S. (2013). “Remoción de Plomo (II) presente en soluciones acuosas empleando cáscara de naranja (*Citrus sp.*) modificada”. Universidad Autónoma del Estado de México. Recuperado de: <https://studylib.es/doc/5974536/-ii--presente-en-%09soluciones-acuosasempleando>

- Maldonado, J. (2014) “Estudio de factibilidad para la construcción de aguas residuales del Distrito de Characato, método Imhoff”. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3991/IQmaesi041.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mejía, G. (2006). “Aproximación teórica a la biosorción de metales pesados por medio de microorganismos”. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321428096010.pdf>
- Mendoza, D. (2018), “Efecto de la granulometría y peso de cáscara de *Citrus Sinensis* (naranja) en la remoción de Plomo en aguas de la Laguna de Pias - Pataz, 2018”. Recuperado de: http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/2131?fbclid=IwAR1A_fcrpRbXBUOiQ28Lqj9qhXyKsTvXRaSspUi9JDf6lzd5ZpkUFRvU4K4
- Ministerio del ambiente. (15 de octubre del 2005). Ley N° 28611 (2005). Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas (2018). Perú: Un país minero lleno de oportunidades. Recuperado de: <http://www.minem.gob.pe/detalle.php?idSector=1&idTitular=159&idMenu=sub149&idCateg=159#:~:text=A%20nivel%20mundial%20y%20latinoamericano,minera%20peruana%2C%20sino%20de%20la>
- Monforte G. y Cantú P. (2009).” Escenario del agua en México”. *Culcyt*, 31-40. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3238728.pdf>
- Muñoz, J. (2007). “Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja “*Citrus Cinensis*” pretratada”. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/323353409.pdf>
- Navarro, A., Ramos K., Campos K. y Maldonado H., (2006). “Elucidación del efecto del pH en la adsorción de metales pesados mediante biopolímeros naturales, cationes divalentes y superficies activas”. Recuperado de: <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/MAY06/navarro.pdf>

- OEFA. 2016. Resolución N° 023-2016-OEFA/TFA-SEM. Tribunal de Fiscalización Ambiental, Sala Especializada en Minería. Ministerio del Ambiente. Pág. 18-19. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=17626
- Ordóñez, A. (2015). “Bioadsorción de Pb y Cr mediante la utilización de cáscara de naranja (*citrus sinensis*) molida, Machala – 2014”. Recuperado de: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1897/1/CD00308.pdf>
- Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. (11 de enero del 2016). Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Recuperado de: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
- Ramirez, A. (2005) “El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo”. Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832005000100009
- Rentería Villalobos, M., Ramírez Marfil, L., Aguilar Palma, N., Rubio Arias, H., & Pinedo Álvarez, C., & Sánchez Verín, C. (2014). “Remoción de plomo en solución acuosa por la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*)”. *Investigación y Ciencia*, 22 (62), 5-10. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/674/67432507001.pdf>
- Samaniego J., Arzamendia A. y Ayala M. (2016). “Remoción de Hierro y Plomo en aguas Residuales por Bioadsorción de la Cáscara de Naranja Agria”. *Revista sobre Estudios e Investigaciones del Saber Académico*. V.10, 6975 pp. Recuperado de: <https://1library.co/document/zggowx8z-remocion-hierro-plomo-aguas-residuales-bioadsorcion-cascara-naranja.html>
- Tapia H., Muñoz C., Torres D., y Yarango R. (2014). “Biosorción De Pb(II) por cáscara de naranja, *Citrus Cinesis* - Modificada - Perú. *Revista*

Peruana de Química e Ingeniería Química, 6(2), 39-44. Recuperado de: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/articulo/view/4905/3974>

Tejada C., Herrera A. y Núñez J. (2016). “Remoción de Plomo por biomasas residuales de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y zuro de maíz (*Zea mays*)”. *Revista U.D.C. A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1). Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000100020&lng=es&tlng=es.

Tejada C., Villabona A. y Garcés L. (2015). “Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico”. *Tecnológicas*, vol. 18, no. 34, pp. 109-123, Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-77992015000100010&script=sci_abstract&tlng=es

Valencia R., Sánchez J., Ortiz E. y Gómez J. (2010). “La contaminación de los ríos, otro punto de vista”. *Revista de ciencia y tecnología de la UACJ*. V, No. 1. Pp. 35 - 49. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/235997290_La_contaminacion_de_los_rios_otro_punto_de_vista

Vargas M., Cabañas D., Gamboa M. y Domínguez X. (2009). “Evaluación del proceso de biosorción con cáscaras de naranja para la eliminación del colorante comercial Lanazol Navy CE en aguas residuales de la industria textil”. *Revista de la Facultad de Ingeniería* 13(3):39-43. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/266265781_Evaluacion_del_proceso_de_biosorcion_con_cascaras_de_naranja_para_laeliminacion_del_colorante_comercial_Lanazol_Navy_CE_en_aguas_residuales_de_la_industria_textil

ANEXOS

ANEXO N°01: Matriz de consistencia

“CAPACIDAD DE BIOADSORCIÓN DE (<i>Citrus x Sinensis</i>) EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON PLOMO DE LA CUENCA DEL RIO MOCHE”												
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	METODOLOGIA								
¿Cuál es la capacidad de bioadsorción de <i>Citrus x Sinensis</i> en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo de la cuenca del Río Moche?	<p>H1: La cáscara de <i>Citrus x sinensis</i> Removerá el 80 % de plomo en las aguas contaminadas de la Cuenca Moche.</p> <p>H0: La cáscara de <i>Citrus X sinensis</i> no removerá el 80% de plomo en las aguas contaminadas de la Cuenca Moche.</p>	Evaluar la capacidad de bioadsorción de <i>Citrusxsinensis</i> en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo de la cuenca del Río Moche.	VI: Cáscara de naranja <i>Citrus x sinensis</i> como bioadsorbente.	DISEÑO								
				<table border="1"> <tr> <td>GE</td> <td>O₁</td> <td>X</td> <td>O₂</td> </tr> <tr> <td>GC</td> <td>O₁</td> <td>-</td> <td>O₂</td> </tr> </table>	GE	O ₁	X	O ₂	GC	O ₁	-	O ₂
				GE	O ₁	X	O ₂					
				GC	O ₁	-	O ₂					
<p>Donde:</p> <p>X: Variable independiente</p> <p>O1: Mediciones pre-test de la variable dependiente</p> <p>O2: Mediciones post - test de la variable dependiente.</p>												
POBLACIÓN												
				Agua de la Cuenca Baja del Río Moche								
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS		VARIABLE DEPENDIENTE	MUESTRA								
	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la concentración Inicial del parámetro pH. - Determinar la concentración Inicial y Final de plomo en el agua de la Cuenca Moche. - Determinar la concentración óptima de biomasa de <i>Citrus x Sinensis</i> en la remoción de plomo en aguas de la Cuenca Moche. - Determinar el tiempo óptimo de agitación que permita la remoción de plomo en aguas de la Cuenca Moche. - Determinar el porcentaje de remoción de plomo en las aguas de la Cuenca Moche. 		VD: Tratamiento de agua	15L de muestra del Río Moche								

ANEXO N°02: Operacionalización de las variables

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Tratamiento de agua.	El término tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales. La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar. (Quiroz & Valdez, 2015)	La prueba de jarras es la técnica más usada en el proceso de tratamiento de aguas, sólo consta de pruebas a distintos tiempos y cantidad de biomasa para medir los parámetros en cada jarra.	Parámetros fisicoquímicos	- pH	Nominal
			Concentración de plomo	- Plomo (mg/L)	

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Cáscara de <i>Citrus x sinensis</i>	La naranja que es destinada como insumo para la agroindustria es utilizada para la producción de jugos principalmente, cuyo proceso conlleva una generación considerable de desechos como cáscaras, pulpa y semillas, que se han vuelto una carga sustancial para el medio ambiente. (Cerón, 2009).	El proceso más utilizado para la remoción y/o recuperación de metales en solución es la bioadsorción; el uso de biomasa seca para la bioadsorción de metales ha cobrado especial atención. Así, la biomasa que es residuo de un proceso ó aquella que está disponible fácilmente en la naturaleza con capacidades únicas de adsorción representa una estrategia para el desarrollo de técnicas alternativas en la remoción de metales (Lovley y Coates, 1997)	Cantidad de Biomasa	- 2 gr - 6 gr	Nominal
			Tiempo de agitación	- 8 min - 45 min	

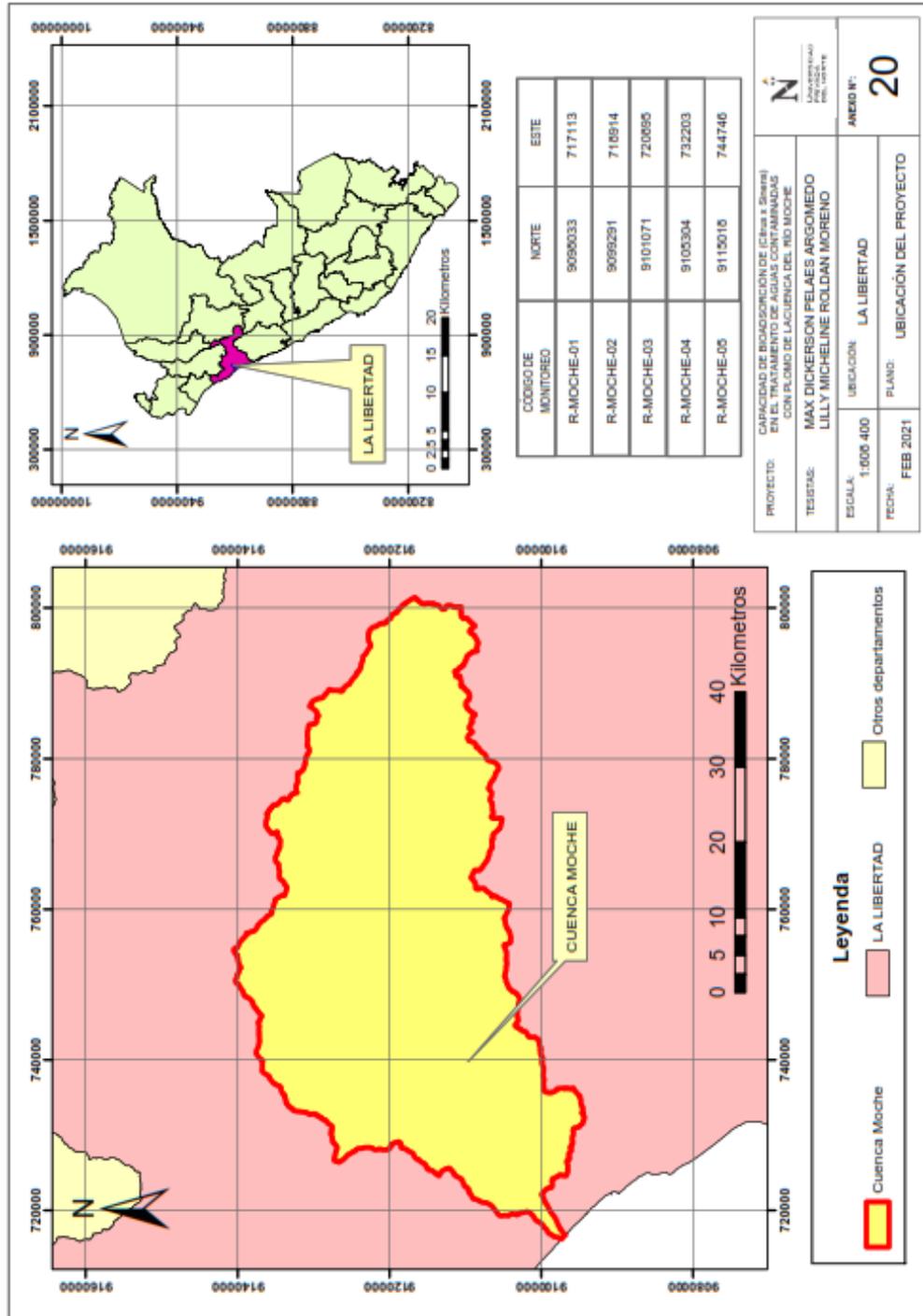
Anexo N° 04: Estándares de calidad ambiental del agua

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido ©	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS – QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0.1		0.1
Cloruros	mg/L	500		**
Color	mg/L	100(a)		100(a)
Conductividad	Color verdadero Escala Pt/Co	2500		5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	(Us/cm)	15		15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40		40
Detergentes	mg/L	0.2		0.5
Fenoles	mg/L	0.002		0.01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ --N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ --N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥4		≥5
Potencial de Hidrógeno (Ph)	Unidad de pH	6.5 - 8.5		6.5 - 8.4
Sulfatos	mg/L	1000		1000
Temperatura	°C	Δ3		Δ3

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido ©	Agua para riego restringido	Bebida de animales
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0.1		0.2
Bario	mg/L	0.7		**
Berilio	mg/L	0.1		0.1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0.01		0.05
Cobre	mg/L	0.2		0.5
Cobalto	mg/L	0.05		1
Cromo total	mg/L	0.1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2.5		2.5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0.2		0.2
Mercurio	mg/L	0.001		0.01
Níquel	mg/L	0.2		1
Plomo	mg/L	0.05		0.05
Selenio	mg/L	0.02		0.05
Zinc	mg/L	2		244
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0.04		0.045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrín	µg/L	0.004		0.7
Clordano	µg/L	0.006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano	µg/L	0.001		30
Dieldrín	µg/L	0.5		0.5
Endosulfán	µg/L	0.01		0.01
Endrin	µg/L	0.004		0.2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0.01		0.03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11

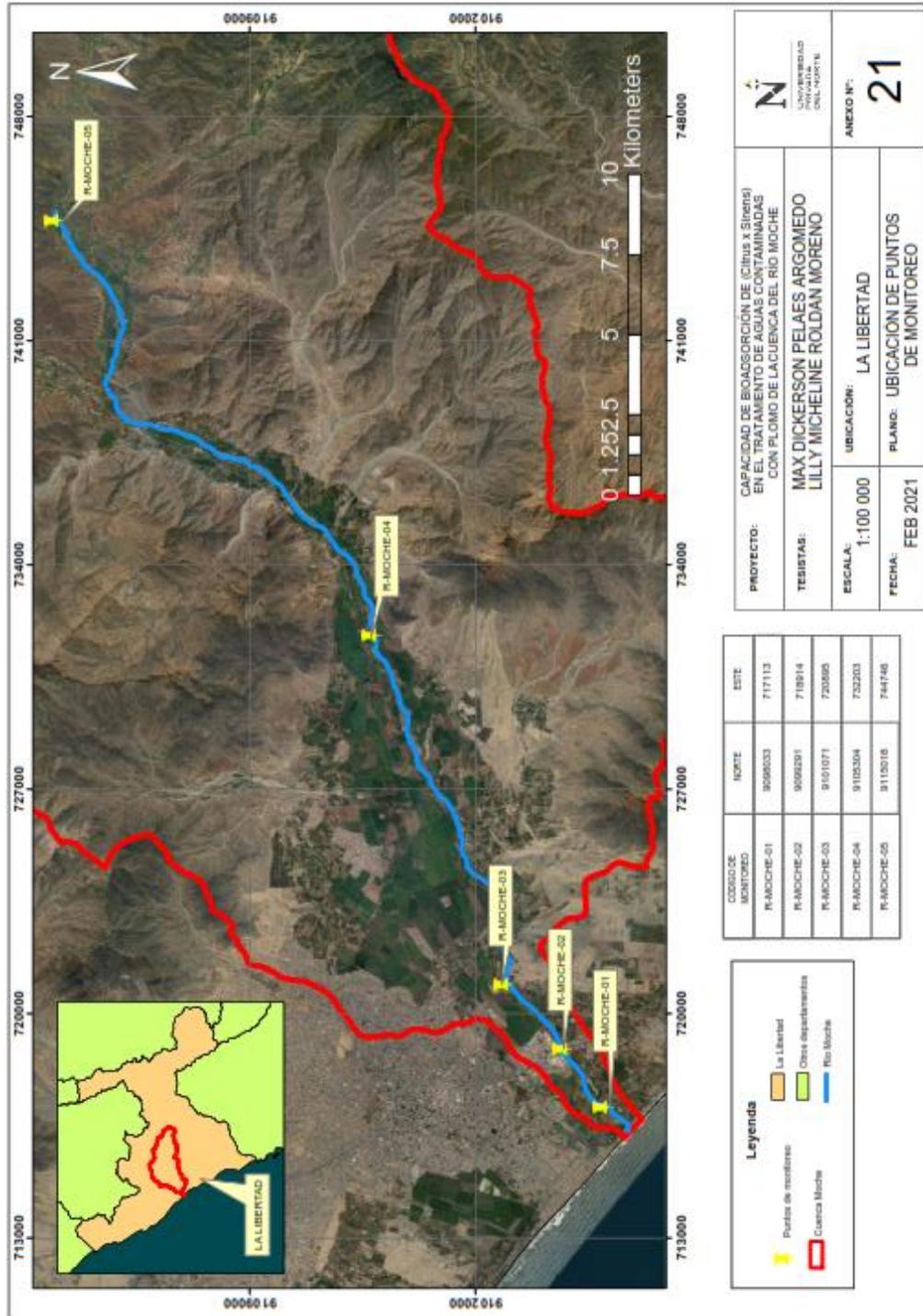
Fuente: D.S.004-2017 - MINAM

ANEXO N°05: Plano de ubicación del proyecto



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°06: Plano de ubicación de puntos de monitoreo



Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 07: Etiqueta para muestra de agua

ETIQUETA	
NOMBRE:	
CÓDIGO PUNTO DE MONITOREO:	
TIPO DE CUERPO DE AGUA:	
FECHA DE MUESTREO:	
MUESTREADO POR:	
PARÁMETRO REQUERIDO:	

Anexo N° 08: Cálculos de capacidad de bioadsorción y porcentaje de remoción

TRATAMIENTO 1

Ecuación de la capacidad de bioadsorción

$$qe = \frac{(Ci - Cf)}{w} \times V$$

$$qe = \frac{(0.28 - 0.05)}{2} \times 0.1$$

$$qe = 0.0115 \text{ mg/g}$$

Ecuación del porcentaje de remoción de Pb

$$\% \text{ de remoción de Pb} = \frac{\text{Concentración (inicial - remanente)}}{\text{Concentración Inicial}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de Pb} = \frac{0.28 - 0.05}{0.28} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de Pb} = 82.14\%$$

TRATAMIENTO 2

Ecuación de la capacidad de bioadsorción

$$qe = \frac{(Ci - Cf)}{w} \times V$$

$$qe = \frac{(0.13 - 0.05)}{6} \times 0.1$$

$$qe = 0.0025 \text{ mg/g}$$

Ecuación del porcentaje de remoción de Pb

$$\% \text{ de remoción de Pb} = \frac{\text{Concentración (inicial - remanente)}}{\text{Concentración Inicial}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de Pb} = \frac{0.28 - 0.15}{0.28} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de Pb} = 53.57\%$$

TRATAMIENTO 3

Ecuación de la capacidad de bioadsorción

$$qe = \frac{(Ci - Cf)}{w} \times V$$

$$qe = \frac{(0.28 - 0.19)}{2} \times 0.1$$

$$qe = 0.0045 \text{ mg/g}$$

Ecuación del porcentaje de remoción de Pb

$$\% \text{ de remoción de Pb} = \frac{\text{Concentración (inicial - remanente)}}{\text{Concentración Inicial}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de Pb} = \frac{0.28 - 0.19}{0.28} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de Pb} = 32.14\%$$

TRATAMIENTO 4

Ecuación de la capacidad de bioadsorción

$$qe = \frac{(Ci - Cf)}{w} \times V$$

$$qe = \frac{(0.28 - 0.22)}{6} \times 0.1$$

$$qe = 0.001 \text{ mg/g}$$

Ecuación del porcentaje de remoción de Pb

$$\% \text{ de remoción de Pb} = \frac{\text{Concentración (inicial - remanente)}}{\text{Concentración Inicial}} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de Pb} = \frac{0.28 - 0.19}{0.28} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de Pb} = 21.42\%$$

Anexo N° 09: Fuente de recolección de materia prima



Anexo N° 10: Secado de biomasa en la estufa



Anexo N° 11: Toma de Muestra de agua en el Punto 1



Anexo N° 12: Toma de Muestra de agua en el Punto 2



Anexo N° 13: Toma de Muestra de agua en el Punto 3



Anexo N° 14: Toma de Muestra de agua en el Punto 4



Anexo Nº 15: Toma de Muestra de agua en el Punto 5



Anexo Nº 16: Imagen de los 5 puntos muestreados



Anexo N° 17: Medición inicial de concentración de Pb



Anexo N° 18: Pesado de biomasa a 2 gr.



Anexo N° 19: Pesado de biomasa a 6 gr.



Anexo N° 20: Preparación de muestras



Anexo Nº 21: Muestras en el agitador magnético

.0.



Anexo Nº 22: Muestras a centrifugar



Anexo Nº 23: Centrifugado de muestras



Anexo Nº 24: Resultados del espectrofotómetro de absorción atómica a la llama.

Conc

0.17

Tubo	Muestra Etiquetas	Pb 217.0 mg/L
1	Sample 001	0.28
2	Sample 002	0.06
3	Sample 003	0.04
4	Sample 004	0.05
5	Sample 005	0.11
6	Sample 006	0.13
7	Sample 007	0.15

Tubo	Muestra Etiquetas	Pb 217.0 mg/L
1	Sample 001	0.17
2	Sample 002	0.23
3	Sample 003	0.19
4	Sample 004	0.23
5	Sample 005	0.22
6	Sample 006	0.22