

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO (II) EN UNA SOLUCIÓN ACUOSA POR EL MÉTODO DE BIOADSORCIÓN MEDIANTE EL USO DEL ZURO DE *Zea mays* Y CÁSCARA DE *Citrus limon*”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Ambiental**

Autora:

Diana Maria Pia Espinoza Velasco

Asesor:

Mg. Ing. Margeo Javier Chumán López

Lima - Perú

2020

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a Dios por darme la fortaleza que necesitaba en los momentos más complicados y aun así poder sacar la tesis adelante, a mi padre por su apoyo de manera espiritual, a mi madre por enseñarme a ser fuerte y perseverante para conseguir mis metas, a mis hermanos porque, aunque no lo sepan aprendo de sus errores o aciertos y a las personas más cercanas a mi círculo quienes me brindaron el apoyo emocional y el aliento para seguir adelante.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por hacerme la persona más dichosa y bendecida que pese a los obstáculos siempre en medio del camino había una luz de esperanza, por mantenerme fuerte con su presencia en momentos de mucha tristeza y mostrarme que podía lograrlo.

A mi Madre Nila Velasco Gozar quien me ha enseñado tanto y siempre me pregunto de dónde saca toda la fuerza y fortaleza que tiene para afrontar todos los obstáculos que tuvo en su vida y aun así poder lograr muchas cosas que me quedaría cortita hablar de ella y como yo te digo “Hermosa” para ti y por ti soy la persona de ahora y lograré muchas metas más para que sigas sintiéndote orgullosa de mí.

A mi padre Guillermo Espinoza Guerra quien está en el cielo y que desde la etapa 0 de mi carrera siempre me llamabas “mi ingeniera”, sé lo mucho que te hubiera gustado verme culminar esta etapa de mi vida, estar presente para leer esto o haber estado en mi graduación, pero la vida no siempre es como uno quiere y desde aquí te puedo decir que tu presencia espiritual siempre está conmigo viejito, gracias por ser tan consentidor, amoroso y por siempre sacarme una sonrisa.

A mi hermana Marilú Espinoza Velasco por ser mi segunda madre y cuidar de mi como si fuera su hija, por su amor y por impulsarme a seguir adelante con sus palabras motivadoras para culminar con esta investigación.

A mis hermanos, muchas gracias por todos ser parte de mi vida, porque me han demostrado con ejemplo que quien persevera siempre logra sus sueños.

Al ing. Joel Aguilar Loyola, por brindarme su apoyo, comprensión y motivación de manera incondicional para poder lograr mis sueños y no dejarme vencer.

Al ing. Javier Chuman López, por su orientación y sugerencias para poder culminar mi tesis, gracias profesor por compartirme sus conocimientos, por hacerme las preguntas rebuscadas y por exigirme siempre para mejorar y lograr la meta.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
INDICE DE TABLAS .....	6
INDICE DE FIGURAS .....	7
INDICE DE ECUACIONES .....	8
RESUMEN .....	9
<b><i>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</i></b> .....	<b>10</b>
1.1. Realidad Problemática.....	10
1.2. Bases Teóricas.....	18
1.3. Justificación .....	35
1.4. Formulación del problema .....	36
1.4.1. Formulación del problema general .....	36
1.4.2. Formulación del problema específicos .....	36
1.5. Objetivos.....	36
1.5.1. Objetivo General.....	36
1.5.2. Objetivos Específicos .....	36
1.6. Hipótesis .....	37
1.6.1. Hipótesis General.....	37
1.6.2. Hipótesis Específicos.....	37
<b><i>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</i></b> .....	<b>38</b>
2.1. Tipo de investigación.....	38
2.2. Diseño de Investigación .....	39
2.3. Población y muestra (materiales, instrumentos y método).....	40
2.3.1. Población .....	40
2.3.2. Muestra.....	40
2.3.3. Materiales, equipos y materia prima .....	40
2.3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección y análisis de datos .....	41
2.3.5. Métodos de análisis de datos .....	41
2.4. Procedimiento .....	43
<b><i>CAPÍTULO III. RESULTADOS</i></b> .....	<b>55</b>
3.1. Determinación de los tamaños de partículas de zuro de maíz y cascara de limón. ....	55
3.2. Parámetros físico químicos del extracto del zuro de maíz y cáscara de limón.....	56
3.3. Determinación del porcentaje de humedad inicial del zuro de maíz y cáscara de limón.....	56
3.4. Caracterización de la solución acuosa de plomo (II).....	57

3.5. Resultados del proceso de reducción de plomo (II) en una solución acuosa.....	59
3.6. Porcentaje de eficiencia de remoción del plomo (II) .....	63
3.7. Resultados de la prueba de hipótesis .....	64
<i>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</i>	<i>70</i>
4.1. Discusión.....	70
4.2. Conclusiones .....	73
4.3. Recomendaciones .....	75
<i>REFERENCIAS .....</i>	<i>76</i>
<i>ANEXOS .....</i>	<i>79</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 TÉCNICA DE TRATAMIENTOS DE METALES PESADOS.....	25
TABLA 2 CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE LOS BIOADSORBENTES .....	30
TABLA 3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL MAÍZ .....	32
TABLA 4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ZURO DE MAÍZ.....	33
TABLA 5 CONTENIDO DE PECTINA EN PRODUCTOS ORGÁNICOS (100 GR/GR DE MATERIA PRIMA).....	33
TABLA 6 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL LIMÓN .....	34
TABLA 7 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN .....	40
TABLA N° 8: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL ZURO DE MAÍZ (MÉTODO ASTM D422) .....	55
TABLA N° 9: <i>RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS INICIALES DEL ZURO DE MAÍZ Y CÁSCARA DE LIMÓN</i> .....	56
TABLA N° 10: <i>RESULTADOS INICIAL DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS BIOMASAS</i> .....	57
TABLA N° 13: CONCENTRACIÓN INICIAL DE LA MUESTRA CON Pb (II).....	57
TABLA N° 14: PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS INICIALES DE LA SOLUCIÓN ACUOSA .....	57
TABLA N° 15: PARÁMETROS FÍSICOS INICIALES DE LA SOLUCIÓN ACUOSA .....	58
TABLA N° 16: PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS INICIALES DE LA SOLUCIÓN ACUOSA .....	58
TABLA N° 17: RESULTADOS DEL PRIMER TRATAMIENTO .....	59
TABLA N°18: RESULTADOS DEL SEGUNDO TRATAMIENTO .....	60
TABLA N°19: RESULTADOS DEL TERCER TRATAMIENTO .....	61
TABLA N° 20: RESULTADOS DE LOS PORCENTAJES DE REMOCIÓN DE Pb (II) POR TRATAMIENTO. ....	63
TABLA N° 21: DESCRIPTIVO DE LA CONCENTRACIÓN DEL IÓN PLOMO (II).....	64
TABLA N° 22: DESCRIPTIVO SOBRE PARÁMETROS AGUA CONTAMINADA CON PLOMO DESPUÉS DEL TRATAMIENTO .....	64
TABLA N° 23: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO FINAL (EN AGUA) .....	65
TABLA N° 24: PRUEBA DE T DE STUDENT SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EL TRATAMIENTO .....	66
TABLA N° 25 <i>PRUEBA DE NORMALIDAD</i> .....	67
TABLA N° 26. <i>PRUEBA T STUDENT PARA TODOS LOS PARÁMETROS DEL TRATAMIENTO</i> .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1.</i> FASES DE LA INVESTIGACIÓN,.....	42
<i>FIGURA 2:</i> ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL BIOADSORBENTE. ....	44
<i>FIGURA 3:</i> ANÁLISIS INICIALES DEL MATERIAL BIOADSORBENTE. ....	46
<i>FIGURA 4.</i> REDUCCIÓN DEL PLOMO .....	62

## ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. PORCENTAJE DE RETENCIÓN .....	44
ECUACIÓN 2. PORCENTAJE DE HUMEDAD .....	47
ECUACIÓN 3. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES .....	49
ECUACIÓN 4. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS.....	49
ECUACIÓN 5. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES .....	50
ECUACIÓN 6. DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO .....	51
ECUACIÓN 7. DETERMINACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.....	52
ECUACIÓN 8. DETERMINACIÓN DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO .....	52
ECUACIÓN 9. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN .....	54



## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar los parámetros de bioadsorción (concentración y tiempo) para la reducción de la concentración de plomo presente en una solución acuosa empleando la mezcla de los bioadsorbentes *Zuro de mays* y cáscara de *Citrus limon* aprovechados de los residuos generados en el mercado. Se consideró para todo el tratamiento una solución de 54 L que tuvo una concentración de 2.5150 mg Pb<sup>+2</sup>/L. El tipo de investigación fue aplicada teniendo un diseño pre-experimental con enfoque cuantitativo. Para el tratamiento se utilizaron tres diferentes dosis (40 g -120g) y tres diferentes tiempos (2H a 6H), realizándose un total de 27 ensayos de los cuales comprendieron de 9 ensayos por tratamiento siendo evaluados los parámetros de calidad del agua en cada una de las muestras. Los mejores resultados obtenidos para la reducción de plomo y de los parámetros fueron utilizando la dosis 20g/L de cáscara de *Citrus limón* y 40g/L de zuro *Zea mays* a un tiempo de exposición de 6 horas, logrando alcanzar una reducción final de 0.1160mg/L y un porcentaje de reducción de 95.39%.

**Palabras clave:** bioadsorción, bioadsorbentes, zuro de *Zea mays*, cáscara de *Citrus limon*, plomo

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

La contaminación al ambiente es un tema de debate a nivel mundial por su influencia en el desarrollo de la vida, sin embargo, el aumento demográfico, el cual trae consigo el incremento de actividades de producción en distintos sectores, generan la pérdida de calidad del agua. UNESCO (2016) sostiene que la disponibilidad del agua depende de su calidad ya que al ser una de mala calidad, esta no es apta para varios usos y el costo de su tratamiento puede ser incluso mayor, agravando así la carga de la escasez económica del agua. Por su parte, el ANA (2012) describe que “Solo el 24% de las aguas residuales domésticas son tratadas, que no se tiene el % de las aguas industriales, que las industrias vierten aguas residuales sin tratamiento y que existen miles de pasivos mineros y de hidrocarburos”.

El agua dulce existente en el planeta es vital y fundamental para el desarrollo de la humanidad, debido a su cantidad la importancia del mismo, ya que cubre todas las actividades económicas, sociales y ambientales. Por su valor, este recurso es un factor limitante o habilitante para cualquier desarrollo social y tecnológico, posible fuente de cooperación o conflicto (UNESCO, 2016).

Entre las fuentes de contaminación se encuentran la producción industrial, la minería, los fertilizantes en la agricultura, entre otros. Destacando a los metales pesados por ser uno de los contaminantes del agua por su mayor peligrosidad, en este caso el plomo, el cual se halla

naturalmente en la corteza terrestre y generalmente se puede encontrar combinado con otros elementos formando compuestos de plomo. (Burger y Pose, 2010). Las actividades que generan liberaciones de plomo son las actividades mineras, fábricas industriales, la agricultura a través del uso de plaguicidas, etc. El plomo contamina los recursos hídricos de manera directa o a través de la atmósfera ya que al entrar en contacto con el aire puede viajar a distancias largas si sus partículas son pequeñas y ser removidos del aire por la lluvia llegando a parar al agua y también al suelo (Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU, 2007).

Asimismo, la contaminación de plomo no solo afecta al ambiente sino también la salud de las personas. Según Valles, Fuentes y Pons (2018) describen que la exposición a los compuestos de  $Pb^{2+}$  ha sido clasificado como producto cancerígeno para el ser humano porque al entrar en contacto por la ingesta de alimentos o agua, se ingiere entre el 5 y 15% y por la vía respiratoria el cuerpo absorbe entre el 30 y el 50 %, estas cantidades absorbidas pueden tardar más de 20 años en ser eliminados, por lo que degenera a una enfermedad crónica que puede llevar al paciente a terminar en coma y al final a la muerte.

En el Perú, una de las causas de la contaminación en los recursos hídricos proviene de las actividades mineras. Cerro de Pasco, es una de las regiones caracterizadas por tener el 74% de su territorio concesionado por la actividad minera extractiva (Pucar, 2020). Es así como, la laguna Quiulacocha cumplió la función de botadero de los relaves mineros durante varias décadas. En el 2018 Source Internacional, realizó un estudio a los recursos hídricos en el centro poblado de Paragsh, el cual determinó la presencia de arsénico, cadmio, cobre, cromo,

hierro, manganeso, plomo y zinc en las lagunas Quiulacocha y Yanamate, los cuales se encontraron por encima de los valores establecidos en las normas nacionales e internacionales (Bianchini & Grassi , 2018). Igualmente, se encuentra el río Rímac, el cual según el monitoreo realizado por parte del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (SEDAPAL) en la bocatoma La Atarjea en el periodo de marzo del 2017, las concentraciones de plomo tuvieron un valor promedio de 0.399 mg/l y un valor máximo de 2.064 mg/l superando el ECA para agua (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018).

Actualmente los tratamientos habituales para la reducción de metales pesados, específicamente el plomo se encuentran la precipitación química, coagulación, floculación, procesos con membranas (osmosis inversa, electrodiálisis), métodos electroquímicos (oxidación y reducción), entre otros; sin embargo, a menudo estos métodos son considerados insuficientes ya que tienen altos costos de producción (Cayetano, 2019).

Es por ello, que surgen nuevos métodos de bajo costo, entre ellos la bioadsorción, que es uno de los métodos que está comenzando a adquirir mayor interés por ser una alternativa de menor impacto ambiental al ser amigable y sostenible con el ambiente, el cual utiliza biomasa lignocelulósicas provenientes de desecho agrícola, doméstico o industrial, que es capaz de reducir la concentración de metales pesados ya que sus estructuras cuentan con propiedades capaces de adsorber directamente iones de metales como el plomo (Tejada, Herrera y Nuñez, 2016). Dentro de los autores se encuentra Marshall y Espinoza (2016) que pudieron adsorber plomo con el uso de cáscaras de cítricos (limón y toronja). Oré, Lavado y Bendezú (2015) los cuales lograron remover de manera eficaz utilizando el marlo de maíz.

Por su parte, Hernández et al. (2018), lograron alcanzar buen porcentaje de remoción de plomo con el uso de vaina de arveja, elodea y borra de café.

En este sentido, el presente trabajo de investigación busca evaluar la efectividad de la composición de zuro de *Zea maíz* y la cáscara de *Citrus limon*, utilizados como material bioadsorbentes para la reducción de plomo en una solución acuosa, tratamiento amigable con el medio ambiente y de bajo costo de producción ya que no poseen un valor económico en el mercado, por ser considerados residuos.

*La presente investigación se fundamenta en base a otras investigaciones sobre la reducción del plomo mediante el uso de materiales bioadsorbentes:*

Marshall y Espinoza (2016) durante su investigación evaluaron el proceso de biosorción de metales pesados, empleando cáscaras cítricas. Para lo cual aplico dos fases, siendo la primera el uso de las cáscaras del cítrico sin reticulación y la otra fase con cáscara del cítrico reticulada (desmetoxiladas) demostrando que el biosorbente toronja con una cantidad de 3 g a tamaño 630  $\mu\text{m}$  logra adsorber 93,54% de plomo y con la misma cantidad, pero a un tamaño de partícula de 315  $\mu\text{m}$  logra un 98,80% de mercurio. Por otra parte, la cáscara de limón absorbe 96.08% de plomo con 1.5 g y un tamaño de 630  $\mu\text{m}$  y el 98.58% de biosorción de mercurio fue con el uso de 3.0 g a un tamaño de partícula de 315  $\mu\text{m}$ .

Por su parte, Cardona, Cabañas, y Zepeda (2013) redujeron plomo y zinc utilizando cáscara de naranja por el método de biosorción, encontrándose una reducción de 99.5% y una

capacidad de remoción de 9.39 mg Pb y en el caso del Zn alcanzó un porcentaje de remoción de 99.5% y una capacidad de 9.95 mg de Zn; sin embargo, Ortiz y Vega (2019), utilizando la misma cáscara pero añadiéndole a su investigación la cáscara de platano manzano a tamaño de partícula de 0.3150 mm obtuvo que la cáscara de naranja logró un 91.60% de Pb, con una capacidad de adsorción de 0.1284 mg Pb y el platano manzano obtuvo el 93,47% Pb, con una capacidad máxima de 0,082. De otro modo, Alvarado (2017) empleando el mismo fruto, pero a un tamaño de partícula diferente (0.4 mm) y a un tiempo de contacto de 1 hora alcanza una reducción de 95.12% (4.83 ppm) y teniendo 0.4 mm, pero en contacto de 2 horas, la reducción del plomo logró un 99.73% (0.27 ppm), demostrando que conforme el tiempo de residencia aumente y el tamaño de partícula disminuya, la reducción del plomo aumenta.

Adicionalmente Verdugo (2017), que trabajó con la cáscara de mandarina para remover plomo y cromo mediante bioadsorción consideró el tamaño de partícula, el pH y el tiempo. Alcanzando buenos resultados con un pH ideal de 4.0, tiempo de 2 horas y partículas menores a 0.3 mm, dando una eficiente remoción de 71.9 % para el plomo y 54.4 % para el cromo; sin embargo Tejada, Herrera y Núñez (2016) con el uso de la cáscara de naranja y zuro de maíz pero considerando diferente pH y tamaño de partícula, lograron determinar que el más apto para el zuro de maíz es teniendo pH 6 y una medida de partícula de 0,5 mm y para la cáscara de naranja el pH fue el mismo pero con medida de 1 mm dando como resultados que la remoción es de 67,5% para el zuro de maíz y 99,2% para la naranja demostrando la efectividad que poseen las biomasas naturales para remover metales pesados, en este caso el plomo.

Otro de los autores es Dávila, et al. (2016) quien trabajó también con frutos de alto contenido de vitamina C, el cual elaboró y caracterizó la biomasa a base de sus cáscaras y semillas (guayaba, tomate, naranja, papaya, limón y mandarina), aprovechando sus grupos carboxílicos, permitiendo la adsorción en la estructura del polímero ya que los cationes de los metales se unen por interacciones electrostáticas a los sitios aniónicos que se encuentran en los biosorbentes. En el procedimiento se consideró tres parámetros como el pH 1, temperatura 80 °C y biomasa 2 g, logrando remover 43,8 % con la semilla. De otro lado Armijo, Rivera y Mallma (2009), en su investigación analizaron el poder bioadsorbente de las cáscaras de limón modificadas para reducir el nivel de Cr (VI) de soluciones acuosas cuyo tratamiento consistió en dos etapas, en la primera se hizo la desmetoxilación con hidróxido de sodio y la segunda la reticulación con bicloruro de calcio a una agitación de 150 rpm por 10h logrando que el contaminante sea removido hasta un 75% de su concentración inicial en un periodo de 20 minutos.

Parraga (2018) tuvo como objetivo reducir la concentración de plomo de las aguas del río Rímac mediante el método de bioadsorción empleando la mezcla de biomasa natural cítrica (cáscara de lima y naranja) ya que tienen la propiedad de almacenar iones de metales debido a su pared celular que actúa por intercambio iónico. Siendo el más eficaz usando pH en un rango de 3.94 a 4.75, un tamaño de partícula de 2mm y una dosis de 15g de la biomasa natural, reduciendo el plomo en un 60.7 % de su concentración inicial (0.1 mg/l). Por otro lado, Laura Ticona (2018) para reducir la contaminación de cromo, plomo, arsénico del Río Chili. Utilizó también materiales biosorbente (pectina) obtenida de la cáscara cítrica como la naranja, limón y mandarina, cuyas características en su pH son similares ya que trabajan

en medio ácidos siendo para la naranja pH de 6.25, la pectina de limón pH 6.55 y la pectina de mandarina 5.55 pH, obteniéndose un porcentaje de remoción de 43.13% de arsénico, 17.65% de cromo, la pectina de limón removió 40.89% de arsénico, 11.76% de cromo y la mandarina logro 43.64% de arsénico y 71.95% de plomo. El más eficiente fue la pectina de mandarina ya que obtuvo mayor porcentaje de remoción a comparación de la pectina de limón y naranja.

Hernández et al. (2018), en su investigación determinaron la eficiencia de la elodea, vaina de arveja y borra de café para la remoción Pb (II) en soluciones sintéticas tuvo buenos resultados utilizando pH de 4 y concentración de 10 mg/l, alcanzando un porcentaje de remoción de 91 % para la elodea, 72.6 % para la vaina de arveja y 68.8 % para la borra de café a un pH de 7, quedando descartada la borra de café por su bajo porcentaje de remoción. Asimismo se alcanza el equilibrio a los 30 minutos, observándose a los 45 min con una concentración de 20 mg/l para la elodea y la vaina de arveja, se obtienen mayores niveles de porcentaje de remoción, los cuales fueron 97.99 % y 93.63% respectivamente; sin embargo; Moya (2018) utilizando cáscara de cacao como material vegetal adsorbente para remover el plomo pero a través de una columna de lecho fijo tuvo un mejor resultado de remoción del 98.47 % de Pb con un tiempo de saturación de 45 minutos. Esta investigación comprueba la efectividad que posee la cáscara de cacao debido al 98.88% que posee de fibra (lignina y hemicelulosa), demostrando que es capaz de remover un buen porcentaje de plomo.



Asimismo, Oré, Lavado y Bendezú (2015) mencionan que para remover iones de plomo (II) de las aguas residuales de minería usaron marlo de maíz mediante un proceso de biosorción, donde se consideraron parámetros como el tiempo, el pH (2-6), la dosis del biosorbente del marlo de maíz (1, 2, 4, 8, 12 y 16 g/l) y la concentración del adsorbato, logrando una saturación de 7,49 mg/g y porcentaje de reducción de plomo del 97 %; sin embargo, Porras & Martínez (2019) usando la coronta de maíz como carbón activado a un diámetro de 425  $\mu\text{m}$ , alcanzo una capacidad de adsorción de hasta 3.57 mg/g y un porcentaje de remoción de 74 % de plomo, donde se puede observar que de los dos trabajos el más eficiente fue usando marlo de maíz en su estado natural.

Balseca (2017) en su investigación determinó la capacidad del zuro de maiz como un bioadsorbente natural para remover Pb II cuyo proceso se llevó a cabo con una concentración de 100 mg Pb/l, agitados a 150 rpm durante dos horas, obteniendo así una reducción de plomo hasta 8,69 mg/l de su concentración inicial y un porcentaje de remoción de 91,31% probando que el bioadsorbente tiene una excelente capacidad de adsorción de 65.14 mg/g, aplicando la dosis óptima de 4g/L y un pH de 4. De otro lado, Muñiz (2016), en su investigación para la remoción de cromo hexavalente utilizando el mismo material de coronta de maíz, pero modificado químicamente con ácido sulfúrico para incrementar su porcentaje de lignina, porosidad y producir ácidos carboxílicos que sirven como sitios activos logró que el tratamiento alcance un 83.5% de remoción en un tiempo promedio de 60 min de contacto, verificando la eficiencia que posee la coronta de maíz para tratar aguas residuales.

## 1.2. Bases Teóricas

### 1.2.1. Metales pesados.

Son elementos químicos con alta densidad, en su mayoría superior a  $4 \text{ g/cm}^3$ , con un peso y masa atómica superior a 20, cuyas concentraciones bajas también son tóxicas. (Doménech y Peral, 2012). Entre los elementos se encuentran el Al, Cu, Cd, Hg, Pb, entre otros, los cuales son considerados los metales pesados más peligrosos ya que no pueden ser degradados o destruidos porque no son biodegradables, pero si pueden ser disueltos mediante agentes químicos y/o físicos y ser lixiviados (Londoño et al., 2016). Dentro de las características más comunes de los metales pesados tóxicos para el medio ambiente se encuentran la persistencia, bioacumulación, biotransformación y elevada toxicidad. (Manahan, 2007)

Por otra parte, Flores (2016) menciona que los metales pesados contienen extrema toxicidad porque los iones son solubles en agua y cuyas concentraciones elevadas expuestas al ambiente o en procesos determinados pueden ocasionar problemas desde la degradación e infertilidad de los suelos, hasta afectar en las plantas de tratamiento de aguas. Asimismo, los metales pesados son también perjudiciales para la salud ya que pueden ser absorbidos con facilidad a través de la ingesta de alimentos, consumo de agua o por la exposición que incluso en dosis muy pequeñas generan consecuencias fisiológicas o neuronales graves para el ser humano; sin embargo, siguen siendo utilizados en actividades como los procesos industriales, procesos de actividades mineras, proceso de galvanizado, entre otras (Rodríguez Heredia, 2017).

### **1.2.2. Plomo**

El plomo es un metal pesado que se encuentra de manera natural en la corteza terrestre, su aplicación en muchas partes del mundo ocasiona contaminación al ambiente y su exposición en los seres humanos genera graves problemas de salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona, las fuentes principales de contaminación son la explotación de minerales, la extracción y proceso de metales(metalurgia), actividades de fabricación y pinturas. (OMS, 2019)

#### **Fuentes y vías de exposición**

El ser humano puede verse expuesto de acuerdo al tipo de trabajo o el medio que lo rodea a través de (OMS, 2019):

- La inhalación de partículas de plomo generadas durante el proceso de sus actividades que contienen este metal.
- La ingestión de polvo, agua o alimentos contaminados que contengan el metal.

#### **Afectaciones a la salud de las personas por la exposición al plomo**

La exposición al plomo genera distintas afectaciones a la salud y se representan en:

- Retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños, causa hipertensión y enfermedades cardiovasculares en adultos. La absorción se distribuye en riñón, hígado, encéfalo y huesos por semejanza con el calcio y su mayor depósito se da en los huesos hasta por 20 años (Londoño et al., 2016).

- El plomo puede desencadenar efectos teratogénicos en sistema nervioso del feto e interferir con su desarrollo normal. El plomo y sus compuestos están clasificados en el grupo 2B, probablemente cancerígenos para el hombre (Caviedes et al., 2015).
- Los niveles altos de exposición pueden afectar la síntesis de hemoglobina, la función renal, el tracto gastrointestinal, las articulaciones y el sistema nervioso. En tanto, la intoxicación crónica puede implicar neuropatías, debilidad, dolor muscular, fatiga, alucinaciones con pérdida de memoria, entre otros. (Rodríguez, 2017)
- El plomo en su forma iónica  $Pb^{2+}$  disuelto en la sangre se transfiere a los órganos vitales, incluidos los riñones y el cerebro y pasa rápidamente al feto. Los niños y los fetos son los que mayor riesgo corren, puesto que su masa encefálica está en rápido desarrollo y puede causar daños cerebrales importantes y permanentes (Flores Lozano, 2016).

### **1.2.3. Contaminación del agua**

La contaminación del agua es la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en una fuente hídrica causando la alteración negativa de la calidad de agua (características biológicas, químicas y físicas), que pueden afectar al ambiente, la salud del ser humano, especies vegetales y animales (Ministerio del Ambiente, 2016).

Por otro lado, WAAP (2009) menciona que, la contaminación de agua comprende en la alteración físico-químico en la calidad del agua representados en concentraciones elevadas a los medios habituales. Este tipo de agua no puede ser destinada para consumo, tampoco para la industria ni la agricultura puesto que disminuye la calidad y cantidad de agua accesible en una determinada zona (Citado en Tapia Ccallohuanca, 2017).

Uno de los problemas son los relaves provenientes de las actividades mineras, los cuales contienen metales pesados que al ser expuesto al ambiente producen reacciones cuando entran en contacto con el oxígeno y agua, cuya agua acida generada por esta actividad puede contaminar los suelos y cuerpos de agua subterráneas por medio de infiltración (Flores Lozano, 2016). Cabe resaltar, que los metales pesados también provienen de la fundición, fabricación de objetos como amalgamas o por la liberación al ambiente mediante efluentes industriales, generando variación del medio acuático debido a la capacidad de persistencia y desplazamiento (Velásquez Bejarano, 2018).

#### **1.2.4. Parámetros de evaluación para el análisis y tratamiento de agua.**

##### **1.2.4.1. Potencial de Hidrógeno**

El potencial de hidrógeno expresa la presencia de iones de hidrógeno en una solución, el cual indica si la solución es ácida o alcalina, cuya escala de medición va de 0 a 14, siendo menor a 7 ácida, mayor a 7 básica e igual a 7 neutra. Parámetro vital para el desarrollo de la vida acuática (Orozco, et al., 2003).

##### **1.2.4.2. Conductividad Eléctrica**

Parámetro que nos indica cómo se encuentran las sales disueltas solubles en el agua y cuyo transporte de corriente eléctrica en una solución dependerá de la concentración los iones disueltos, de manera que a mayor concentración aumenta la capacidad de transmisión de C.E (Orozco, et al., 2003).

#### **1.2.4.3. Oxígeno Disuelto (OD)**

Es la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto en el agua. Este se debe a la solubilización del oxígeno atmosférico y en menor cantidad a la generación producida por la fotosíntesis de las algas, indicador importante de la calidad del agua e indispensable para mantener el desarrollo de la vida acuática. (Orozco, et al., 2003).

#### **1.2.4.4. Demanda Química de Oxígeno**

Es la cantidad de Oxígeno ( $O_2$ ) requerido para descomponer la materia orgánica, bajo condiciones específicas como el uso de un agente oxidante, de manera que la obtención de resultado sea más rápida acerca de la cantidad de oxígeno usado, cuya unidad de medida esta expresada en  $mg\ O_2/l$  (Orozco Jaramillo, 2005, p. 25).

#### **1.2.4.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )**

Se encarga de medir la cantidad de oxígeno consumido en la degradación de las sustancias orgánicas que se encuentra en el agua mediante el uso de microorganismos en condiciones aerobias. Usualmente el proceso de descomposición varía según la temperatura y bajo condiciones generalmente de 5 días a una temperatura de  $20\ ^\circ C$  (Orozco Jaramillo, 2005, pág. 17).

#### **1.2.4.6. Sólidos totales**

Es la materia sólida que está suspendida, disuelta o asentada en un líquido, los cuales se determinan después de la evaporación y secado de la muestra. El resultado no siempre es la suma de los sólidos en suspensión y los sólidos disueltos ya que existen pérdidas en el secado (Orozco Jaramillo, 2005, pág. 26).

#### **1.2.4.7.Sólidos suspendidos Totales (SST)**

Son sólidos en forma de partículas no disueltos, que se encuentran suspendidos en la superficie de la muestra y que pueden ser retenidos por filtración o decantación, pudiendo ser medido gravimétricamente, es decir por peso, que consiste en filtrar la muestra con un filtro de vidrio cuyo peso es conocido. (Orozco Jaramillo, 2005, págs. 26-27)

#### **1.2.4.8.Sólidos Disueltos Totales (SDT)**

Son todos los minerales, sales disueltas y metales disueltos en una solución las cuales más frecuentes en agua son los minerales como el calcio, sodio y magnesio. Cuanta mayor cantidad de sales contiene el agua mayor será la conductividad eléctrica, la cual permite evaluar de forma rápida la salinidad del agua. (Orozco Jaramillo, 2005)

#### **1.2.4.9.Potencial redox**

Indicador de los aniones presentes en el agua, que actúan conjuntamente con los cationes del pH y sirve para medir la energía química de oxidación-reducción. El potencial redox es positivo cuando se produce una oxidación y negativo cuando se trata de reducción, estas reacciones redox vienen acompañadas de cambios de pH en el medio acuoso (ACQUA TECNOLOGÍA, 2019).

#### **1.2.4.10. Turbidez**

Es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la cantidad de materia suspendidas presentes, dándole color y aspecto opaco. Cuanta más presencia de partículas exista en el líquido, mayor será la turbidez y cuanto más turbia, menor será la calidad del agua (Pradillo, 2016).

#### **1.2.4.11. Temperatura**

Este parámetro es importante para las plantas y animales acuáticos ya que estos requieren que la temperatura del agua se mantenga en un intervalo determinado para poder sobrevivir. La temperatura afecta a la cantidad de oxígeno que pueda transportar el agua, a menor temperatura mayor es el transporte de oxígeno (Pradillo, 2016).

### **1.2.5. Tratamiento de agua**

Es un conjunto de técnicas o procedimientos empleadas para modificar los parámetros biológicos, químicos o físicos de los efluentes con el propósito de eliminar o reducir agentes contaminantes del agua de manera que no sea un riesgo para salud y el ambiente (Orozco Jaramillo, 2005).

#### **1.2.5.1. Métodos de tratamientos de metales en aguas.**

Existen distintos métodos para tratar aguas con metales pesados, entre las técnicas se destacan en dos, las convencionales que son conocidas y se practican habitualmente a este tipo de remoción de contaminantes y las otras que son las no convencionales, aquellas que



cuentan con nuevas metodologías innovadoras poco usadas para la eliminación de metales (Caviedes et al., 2015).

En la tabla N° 1 se muestran los métodos de tratamientos mas usados en la remoción de metales pesados.

Tabla 1 *Técnica de Tratamientos de metales pesados*

Convencionales	No convencionales
- Filtración por membrana (electrodialisis, osmosis inversa, nanofiltración, ultrafiltración).	- Adsorbentes de bajo costo
- Intercambio Iónico	- Adsorción de metales pesados por materiales naturales agrícolas e industriales.
- Adsorción convencional (carbón activado, nanotubos de carbono)	- Fitorremediación
- Precipitación química	- Biopolímeros
- Electrocoagulación	- Hidrogeles
- Coagulación- floculación	- Ceniza volante
- Flotación	
- Fotocatálisis	

### 1.2.6. Adsorción

La adsorción es un proceso donde las moléculas que se encuentran en un fluido son concentrados sobre una superficie sólida mediante fuerzas físicas como la de van der Waals, fuerzas de atracción en un nivel molecular o las fuerzas del adsorbato hacia la superficie del adsorbente. A esta molécula disuelta en el fluido (gaseosa o acuosa) que se encuentra en la superficie, es atraída y adsorbida se le conoce como adsorbato y al sólido

sobre el cual se produce la adsorción, a la cual esta es adsorbida se le conoce como adsorbente. (Mihelcic y Zimmerman, 2011, pág. 451)

Por su parte, Viades Trejo (2013) define a la adsorción como la tendencia de un componente del sistema a concentrarse en la interfase, en la cual la composición interfacial es distinta a la composición al seno de las fases. Este fenómeno se da en las superficies, donde la adsorción puede ocurrir en cualquier tipo de interfase ya sea líquido- gaseoso, sólido-gaseoso o líquido-sólido; además, se tiene que tener como consideración al proceso de la termodinámica (adsorción en equilibrio) y la cinética (rapidez de adsorción).

Por otro lado, para la fijación de metales en el proceso de adsorción se tiene que considerar la afinidad entre el adsorbato y el bioadsorbente (biomasa) para una eficiente remoción del contaminante. Dicho proceso se lleva a cabo mediante diferentes mecanismos (Tejada, Herrera, y Nuñez, 2016).

#### **1.2.6.1.Mecanismos de adsorción**

- Adsorción física que se da por fuerzas físicas como la de Van der Waals.
- La precipitación, por la formación de un complejo en la pared celular que posteriormente es hidrolizado.
- Complejación o quelación debido a la unión del metal en los centros activos de la pared celular de la biomasa mediante enlaces químicos.

- Intercambio iónico, producido por el intercambio entre los iones metálicos divalentes con los iones propios del polisacárido presente en el material bioadsorbente.

Asimismo, en la adsorción las biomásas utilizadas pueden ser de distintos tipos.

- Biomásas muertas, aquellas que se componen de residuos agroindustriales
- Biomásas microbianas, aquellas que se componen de hongos, bacterias y algas.

#### **1.2.6.2. Tipos de adsorción**

Respecto a la interacción entre las moléculas de adsorbente y adsorbato, existen dos tipos de adsorción:

- **Fisorción**

Salazar y Rodríguez (2017), menciona que la fisorción es física, reversible y se produce por las fuerzas de Van der Waals. Generalmente la fisorción se da cuando las moléculas son de origen orgánico. En este tipo de adsorción la capa adsorbida puede variar en espesor llegando a extenderse desde una molécula a muchas debido a las fuerzas de Van Der Waals (Cárdenas y Ulloa, 2013).

- **Quimisorción**

Salazar y Rodríguez (2017), explica que la Quimisorción es química, irreversible, que se produce por enlaces químicos entre el adsorbato y el adsorbente; el cual se da por un intercambio de electrones existente entre ambas fases, generalmente

alterando la naturaleza del adsorbato y el adsorbente siendo de carácter irreversible; sin embargo, Cárdenas y Ulloa (2013) describe, que la quimisorción se da únicamente cuando el adsorbato y el adsorbente tienden a formar un compuesto.

### **1.2.7. Bioadsorción**

La bioadsorción es un método que se da mediante proceso físico el cual el sólido se adhiere a la superficie del bioadsorbente (materiales orgánicos vivos o inertes), se caracteriza también por la unión rápida de ciertos iones a la superficie de la biomasa. Dicho proceso sirve como una tecnología alternativa e innovadora que permite reutilizar residuos de origen biológicos de proceso industriales o agrícolas, entre estos la biomasa lignocelulósica que es el conjunto de materia vegetal compuesta de hemicelulosa, celulosa y lignina, estructuras que le dan el soporte a la biomasa para contar con la capacidad de retener metales pesados debido a sus grupos químicos funcionales. La lignocelulosa se encuentra en la pared celular de la planta, su composición y porcentaje varía de acuerdo a la especie (Tejada, Villabona y Ruiz, 2012).

#### **Variables que influyen en la bioadsorción**

El fenómeno de adsorción puede ser impactado positiva o negativamente durante su etapa experimental, por ello se considerará ciertas variables fundamentales para el proceso ya que estos parámetros pueden aumentar o disminuir la captación de los iones metálicos (Tejada, Villabona y Garcés, 2015).

- La temperatura, el aumento elevado de dicho parámetro puede causar un cambio en la textura del sorbente y un deterioro del material provocando una pérdida de la capacidad de adsorción. (Janqui Guzman, 2018)
- El pH, influye en la retención de los metales, esto va a depender también del metal a tratar. En algunos estudios se ha observado que la mayor capacidad de adsorción se debe al aumento en el pH y en el caso del efecto del pH con respecto al sólido se debe a la influencia sobre la disociación de grupos funcionales en la superficie del adsorbente. (Cárdenas y Ulloa, 2013)
- El tamaño de partícula, afecta tanto a la capacidad de adsorción como a la velocidad de la reacción. A mayor número de centros activos existe mayor facilidad que el adsorbato pueda acceder a ellos, con menor limitación al interior de los poros. El aumento de la capacidad de retención se debe a la disminución del tamaño de partícula ya que si es pequeña tiene mayor área superficial (mayor área superficial interna por su cantidad de poros por unidad de masa) (Cárdenas y Ulloa, 2013).
- El adsorbente, todo dependerá de su composición y de los grupos funcionales presentes en ello, puesto que determina la afinidad y retención de los adsorbatos y su capacidad de eliminación. Los grupos más comunes son los carboxilos, fosfatos, fenólicos, amino, amida e hidroxilo. La particularidad de grupos ácidos (carboxilos y fenólicos) es el intercambio de protones por iones metálicos (Cárdenas y Ulloa, 2013).

- Tipo de metal, dependiendo de sus propiedades físicas y químicas que posee podrá interactuar con la superficie sólida del adsorbente; por lo tanto, la capacidad de retención dependerá del metal a considerar ya que existe afinidad de algunos sólidos por ciertos metales debido a su electronegatividad. La tabla siguiente muestra la capacidad de retención de algunos sólidos (bioadsorbentes) con los diferentes metales (Cárdenas y Ulloa, 2013).

Tabla 2 *Capacidad de Remoción de los bioadsorbentes*

Bioadsorbente	Metal	pH	Q <sub>max</sub> (mg/g)
Residuo de café	Cu	5.2	11.6
	Ni	5.2	7.3
Residuo de uva	Cu	5.2	42.9
	Ni	5.2	38.3
	Pb	5.5	89.5
Lignina	Cu	5.5	22.9
	Ni	5.5	6.0
	Cd	5.5	25.4
	Zn	5.5	11.5
Piel de pomelo	Cu	5.0	39.0
	Zn	5.0	49.4

Fuente: Cárdenas y Ulloa, 2013.

### Ventajas de la bioadsorción

Las ventajas del proceso de bioadsorción son muchas entre las cuales cabe destacar las siguientes (Tejada, Villabona y Garcés, 2015):

- Bajo consumo energético

- Reúso del residuo de biomasa orgánicas
- No requiere nutrientes
- Proceso rápido
- No se ve afectado por el efecto tóxico del contaminante
- El adsorbente (biomasa) puede regenerarse y emplearse en varios ciclos de adsorción

### **1.2.8. Bioadsorbentes**

Los bioadsorbentes son materiales orgánicos inertes o vivos que provienen de residuos procedentes de la agricultura, industria o biomasa residual que tienen la capacidad de adsorber metales pesados. Estos biomateriales tienen mejor adsorción cuando sus propiedades han sido pretratadas químicamente, las cuales mejoran y aumentan el porcentaje de su capacidad de remoción que aquellas que no han sido modificadas. Asimismo, la remoción dependerá de los parámetros del proceso de adsorción como el pH, tamaño de partícula, concentración de la biomasa y temperatura (Tejada, Villabona y Ruiz, 2012).

Respecto al apartado anterior se puede afirmar que los bioadsorbentes son sólidos naturales que tienen la capacidad de retener sobre su superficie especies iónicas que se encuentran en soluciones acuosas o gaseosas, técnica utilizada para la recuperación de efluentes contaminados por metales pesados (Cortes, 2015).

### **1.2.9. Generalidades de los bioadsorbentes:**

**Maíz**

El maíz es considerado uno de los cereales de gran rendimiento de grano y una de las especies cultivadas más productivas debido a su importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, alimento para ganado y como fuente de un gran número de productos industriales. (FAO, 2020)

### Clasificación taxonómica

Al respecto (Davalos, 2017), menciona que, según la nomenclatura ofrecida por Linneo en 1737, se designa al maíz como *Zea mays* L., (Tabla 3) (Fernández, 2009).

Tabla 3 *Clasificación taxonómica del maíz*

Reino	Vegetal (Plantae)
División	Angiospermae
Subdivisión	Pterapsidae
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poacea
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i> L.

Fuente: Fernández, 2009.

### Zuro de maíz

El zuro de *Zea mays* “maíz”, es una fibra cruda que está compuesta de carbohidratos con 4 partes: pectina, hemicelulosa, celulosa y lignina. La Pectina se fermenta rápidamente, la hemicelulosa y la celulosa están en la pared de las células; sin embargo, la lignina es sólida y está vinculado a la celulosa y la hemicelulosa. La composición química del zuro de maíz se encuentra en la tabla N° 4 (Janqui Guzman, 2018).



Tabla 4 *Composición química del zuro de maíz*

<b>Carbohidratos</b>	<b>Cantidad %</b>
Celulosa	43
Hemicelulosa	25
Lignina	29
Extractivos y otras	3

Fuente: Janqui Guzman, 2018

### **Los Cítricos**

Los cítricos son frutos de sabor agridulce cuya importancia radica por su elevado contenido de antioxidantes y su aporte de alto contenido de vitamina C (Corporación Universitaria Lasallista, 2012). Las cáscaras de los cítricos poseen tres distintas capas, las cuales son: el exocarpo (piel externa del fruto de color verde a amarillento), el mesocarpo (color blanquecino que contiene pectina) y el endocarpo (parte interna de la fruta que contiene la pulpa con el zumo) (Armijo, Rivera y Mallma, 2009). Además, se conoce que la cáscara cítrica contiene una rica fuente de pectina que es un polisacárido constituido por 150-500 unidades de ácido galacturónico y que en su estructura cuenta con grupos oxidrilos, carboxilos y metoxilo, los cuales se encuentra en frutas y vegetales, siendo utilizadas para la remoción de metales. El contenido de pectina de algunos productos se detalla en la tabla 5 (Laura Ticona, 2018).

Tabla 5 *Contenido de pectina en productos orgánicos (100 gr/gr de materia prima)*

<b>Producto</b>	<b>Contenido de pectina</b>
Cáscara de limón	2.5 – 4.0

Cáscara de Naranja	3.52 – 5.5
Cáscara de manzana	1.5 – 2.5

Fuente: Laura Ticona, 2018.

## Limón

El limón es considerado un fruto cítrico, que posee vitamina C o ácido ascórbico en grandes cantidades, la cual refuerza las defensas del organismo del ser humano; asimismo, es un gran desinfectante y de acción antitóxica frente a los venenos microbianos debido al contenido de esta vitamina como parte de sus propiedades. El limón también es muy rico en minerales entre las cuales se destacan potasio, magnesio, calcio y fósforo (contiene también sodio, hierro y flúor) (Laura Ticona, 2018).

## Clasificación taxonómica del Limón

Laura Ticona (2018) menciona en su estudio de investigación la clasificación taxonómica del Limón como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 6 *Clasificación taxonómica del limón*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Dicotyledoneas
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales
Familia	Rutaceae
Subfamilia	Citroideae
Género	Citrus
Especie	<i>Citrus limon</i>

Fuente: Laura Ticona, 2018.

### 1.3. Justificación

Las aguas residuales industriales y domésticas son contaminadas con el metal pesado plomo (II), son perjudiciales para la salud y el bienestar social de las comunidades como también en los ecosistemas acuáticos, por tal motivo, el desarrollo de la investigación propone el uso de biomasas como el zuro de maíz y la cáscara de limón para la bioadsorción de este metal tóxico existente, permitiendo una reducción de concentración de plomo en el agua, siendo viable su aplicación para la sociedad, los cuerpos de agua y ecosistemas. El manejo de residuos de biomasa utilizados puede convertirse en abono útil para los cultivos mediante la biosorción, desarrollando así un sistema sostenible sin ocasionar nuevos impactos ambientales.

Económicamente también podría implementarse en empresas a bajos costos, al tratarse de biomaterial que no poseen un valor económico en el mercado. De igual manera, este sistema, se podría implementar a menor escala dentro del sector agrícola, garantizando el uso de agua libre de metales pesados para el riego.

Así mismo, la investigación ayudará a que futuros investigadores realicen nuevas técnicas para el tratamiento de aguas aplicando la biomasa natural de residuos orgánicos, determinando de manera más económica una metodología amigable con el ambiente a bajo costo, dado que normalmente se utilizan procesos convencionales de alto costo de operación; por lo tanto, esto motivará que las industrias opten por la técnica para tratar sus aguas antes de ser descargadas de manera directa a cuerpos de agua.

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Formulación del problema general**

¿En qué medida la bioadsorción del zuro de maíz y la cáscara de limón influyen en la reducción de la concentración del ion plomo (II) en una solución acuosa?

### **1.4.2. Formulación del problema específicos**

- ✓ ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de la solución acuosa con plomo II para la bioadsorción del zuro de maíz y cascara de limón?
- ✓ ¿Cómo sería la caracterización del zuro de maíz y la cáscara de limón como bioadsorbente para la reducción de la concentración del ion plomo (II) en una solución acuosa?
- ✓ ¿Cuál sería la dosis optima del zuro de maíz y la cáscara de limón para la bioadsorción de plomo (II) en una solución acuosa?
- ✓ ¿Cómo sería la eficiencia de los bioadsorbentes de zuro de maíz y cascara de limón en la reducción de la concentración de plomo (II) en la solución acuosa?

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Evaluar la reducción del ion plomo (II) en una solución acuosa mediante la bioadsorción con zuro de “Zea mayz” y la cáscara de limón.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Identificar las características fisicoquímicas de la solución acuosa con plomo II para la bioadsorción del zuro de maíz y cáscara de limón pre y post tratamiento.

- ✓ Determinar la caracterización del zuro de maíz y la cáscara de limón como bioadsorbente para la reducción de la concentración del ion plomo (II) en una solución acuosa.
- ✓ Determinar la dosis óptima del zuro de maíz y la cáscara de limón para la bioadsorción de plomo (II) en una solución acuosa.
- ✓ Evaluar la eficiencia de los bioadsorbentes de zuro de maíz y cáscara de limón en la concentración de plomo (II) en la solución acuosa.

## 1.6. Hipótesis

### 1.6.1. Hipótesis General

H1. El método de bioadsorción mediante el uso del zuro de maíz y la cáscara de limón reducen significativamente la concentración del ion plomo (II) en una solución acuosa.

### 1.6.2. Hipótesis Específicos

H2. Las características del zuro de maíz y la cáscara de limón como bioadsorbentes influirán en la reducción del ion plomo II en una solución acuosa.

H3. La caracterización del zuro de maíz y la cáscara de limón como bioadsorbentes mejoran la reducción del ion plomo II presente en la solución acuosa.

H4. La dosis óptima del zuro de maíz y la cáscara de limón como bioadsorbentes disminuyen significativamente la concentración del ion plomo II presente en la solución acuosa.

H5. El porcentaje de reducción del ion plomo II presente en la solución acuosa influirá en la categorización de los estándares de la calidad del agua.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La investigación, se fundamenta en los objetivos para aplicar el tipo de investigación: De acuerdo con los objetivos la investigación tendrá:

- **Investigación exploratoria.**

Se encuentra relacionada a las investigaciones científicas que fueron estudiadas para llevar a cabo la investigación mediante el uso del bioadsorbente de zuro de maíz y la cáscara de limón y poder definir cuál sería el comportamiento del contaminante plomo que se encuentra contaminando al agua, pudiendo ser natural, residual doméstica, industrial y minera.

- **Investigación aplicada**

La investigación es aplicada se fundamenta en cómo serán realizadas estos trabajos de contaminación del agua en distintos tipos de calidad de agua que se encuentran con plomo 2, estas tendrán que mejorar la calidad del agua en cada una de las etapas del proceso de investigación las que mediante seguimiento y control se podrán determinar la reducción del metal plomo.

- **Investigación tecnológica**

De acuerdo a la problemática del desarrollo de la investigación se propone un diseño de tratamiento que favorecerá económicamente de manera social, ambiental y económica debido a que se utilizaran residuos orgánicos que harán que el proceso de reducción del contaminante plomo sea sostenible y práctico que estarán al alcance de

las distintas comunidades donde se pudiera aplicar este sistema dando así la viabilidad que propone el investigador en su desarrollo de investigación.

## 2.2. Diseño de Investigación

Los diseños de investigación pueden ser de dos tipos experimental y no experimental. De acuerdo con los objetivos se plantea el desarrollo de investigación, la cual se fundamenta en dos variables una independiente y otra dependiente. La cual nos permitió tener un diseño preexperimental dado que se manipulará la variable independiente para poder ver los cambios en la variable dependiente después de aplicar el estímulo.

La investigación consistirá en una preprueba – posprueba, siendo el diagrama del diseño de la siguiente manera:

G            O1            X            O2

G: Grupo de sujetos o casos

O1: Pre-Prueba - variable dependiente (muestra inicial de plomo en la solución acuosa)

X: Tratamiento - variable independiente (aplicación de zuro de maíz y cáscara de limón)

O2: Post-Prueba - variable dependiente (muestra final de la muestra inicial de plomo en la solución acuosa)

## 2.3. Población y muestra (materiales, instrumentos y método)

### 2.3.1 Población

La población considerada son las aguas contaminadas por plomo, existentes en los recursos hídricos que superan la normatividad para los cuerpos de agua.

### 2.3.2 Muestra

La muestra de la investigación fue una solución acuosa preparada a nivel laboratorio, que tuvo una concentración de 2.5150 mgPb/L.

### 2.3.3 Materiales, equipos y materia prima

En la tabla n° 7 se muestra los equipos y materiales utilizados para la investigación.

Tabla 7 *Materiales y equipos utilizados en la investigación*

<b>Materiales</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
Plumón indeleble	2 unidades	-
Vasos precipitados 500 ml	9 unidades	-
Matraces de Erlenmeyer de 500 ml	9 unidades	-
Bolsa ziploc	2 paquetes	-
Papel filtro	9 unidades	-
Embudos de vidrio	9 unidades	-
Agua destilada	60 litros	Agua utilizada para la preparación de la solución acuosa
<b>Equipos</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
Balanza digital	EUROTECH	JF-2204
Multiparámetro	HACH	HQ40d



---

### **Materia Prima**

---

Zuro de Zea mays	5 kilos	Producto del desgranado de choclo que se desecha.
Cáscara de Citrus limon	5 kilos	Residuo obtenido de puestos de comida marina

---

Se detallan todos los materiales, equipos y materia prima que se usaron en la investigación.

## **2.3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **Técnicas de recolección de datos**

La técnica según Hernández Sampieri (2010, p.198) manifiesta que esto está basado en la realidad problemática, son fuentes primarias que se encuentran relacionado con la recolección de datos pertinentes y los conceptos que se tiene acerca del problema en estudio.

### **Instrumentos de recolección de datos**

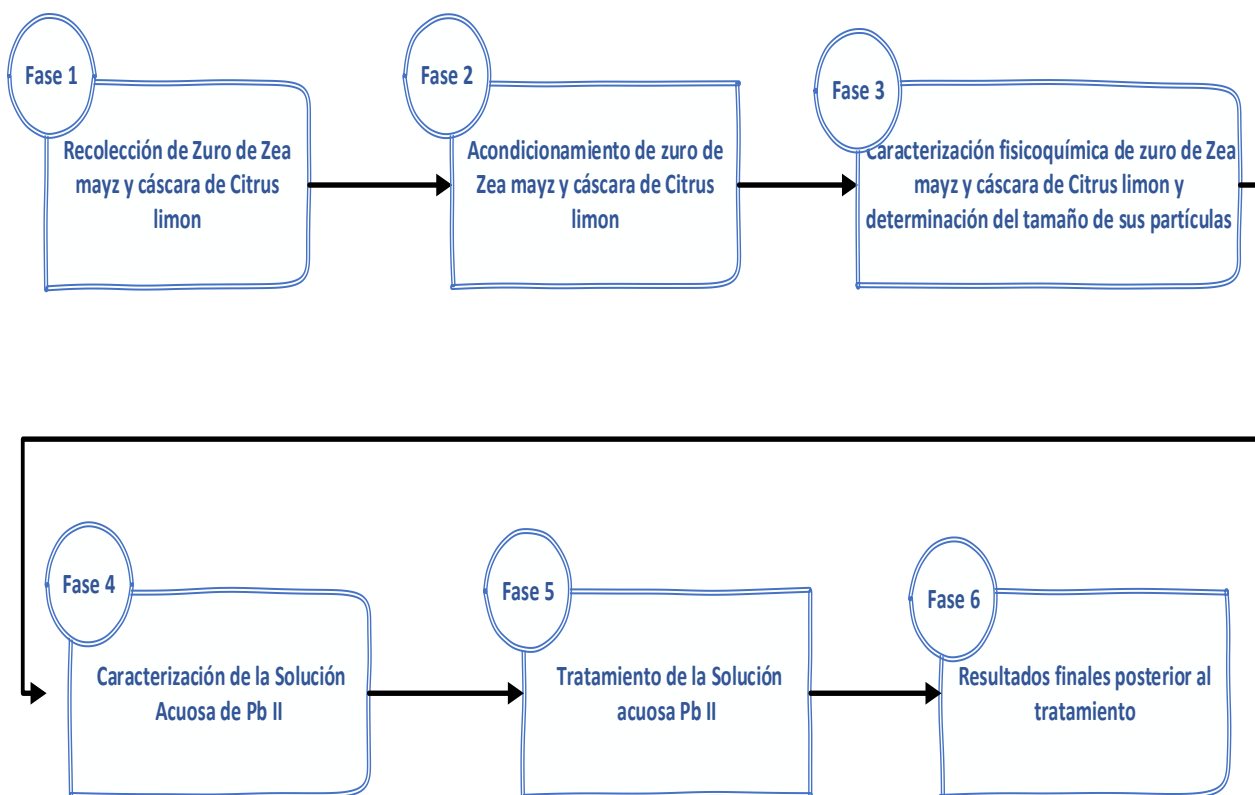
Los Instrumentos de Recolección de datos son los registros del desarrollo del tema y los cuales son detallados a continuación:

- Ficha de caracterización del zuro de maíz y la cáscara de limón (Anexo N° 19).
- Ficha de Caracterización de la Solución Acuosa (Pb II) (Anexo N° 20).
- Ficha de Resultado de las pruebas (Anexo N° 21).
- Ficha de eficiencia de remoción del ion plomo II (Anexo N° 22).

## **2.3.5 Métodos de análisis de datos**

Para el trabajo de investigación, todos los parámetros establecidos se analizaron con el programa SPSS Statistics, el cual nos definirá los valores de normalidad, varianza

y la prueba de Hipótesis. Asimismo, la presente investigación se llevó a cabo en 6 fases:



*Figura 1.* Fases de la investigación, la primera etapa corresponde a la recolección de la muestra, la cual se obtuvo de mercados donde desechaban estos residuos, se realizó el acondicionamiento de la muestra mediante el lavado, picado, secado y molienda, luego se realizó la determinación del tamaño de partícula de las muestras mediante análisis granulométrico y la caracterización donde se analizaron los parámetros físico-químicos, posteriormente se caracterizó la solución acuosa de plomo preparada a nivel laboratorio y finalmente se realizó el tratamiento de la solución acuosa para poder analizar los parámetros físico-químicos de las muestras posterior al tratamiento.

## **2.4. Procedimiento**

### **2.4.1. Recolección del zuro de maíz y cáscara de limón**

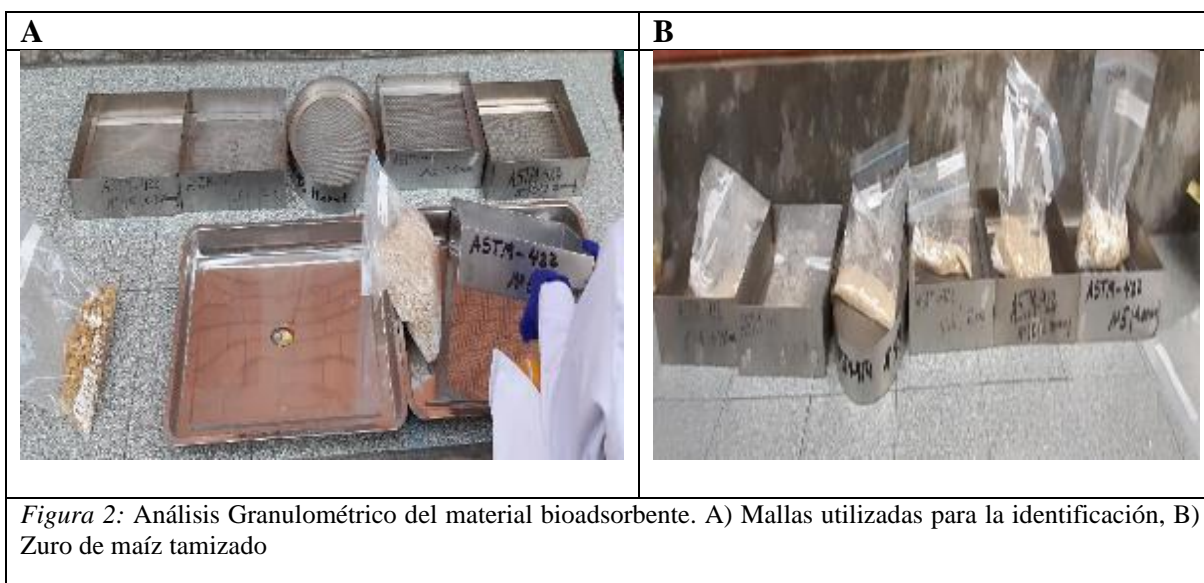
La recolección del zuro de maíz fue realizada en el mercado de productores del distrito de Santa Anita, obteniéndose estos residuos en los puestos de venta de choclos, los que tuvieron un peso de 15 kilogramos que se llevaron al lugar donde se realizaría el proceso. Para la obtención de la cáscara de limón nos dirigimos al mercado de Huachipa, donde existen puestos de comida marina que desechan las cáscaras de limón, generándose residuos que al descomponerse generan impactos en la atmósfera del lugar. Estos residuos también fueron llevados al lugar de estudio, donde se realizaría los pasos siguientes:

### **2.4.2. Acondicionamiento del zuro de maíz y la cáscara de limón**

El zuro de maíz obtenido fue lavado con agua potable y desinfectado con lejía a una proporción de 10:1 litros, seguidamente fue picado y puesto a secar en sistema de invernadero con la finalidad de almacenar mayor calor y protegerlos del polvo atmosférico que podría contaminar el zuro de maíz, de igual forma se realizó con la cáscara de limón que fue limpiado de sus membranas y solo se trabajó con las cáscaras teniendo una duración de 15 días, luego se colocó en una estufa a 60 °C por tres horas con la finalidad de sacar la humedad remanente para luego pasarlo por un molino de trituración.

### 2.4.3. Determinación del tamaño de partícula de zuro de maíz y cáscara de limón.

Se procedió a realizar un análisis granulométrico, para reconocer los tamaños de partícula que intervinieron en este ensayo, para lo cual se utilizó los números de malla 5,10,12,18,20 y 45, donde se determinó la abertura de cada una de las mallas en milímetros, utilizando una cantidad de 600 g siendo estos analizados según la fórmula de porcentaje de retención, tanto retenido como el que pasa descritos según el método ASTM D422 (análisis granulométrico). Los resultados se encuentran en la tabla N° 8, teniendo como evidencias la figura 2 (A y B).



Porcentaje retenido del zuro de maíz

$$\% \text{Retenido} = \frac{W_{RMS} \times 100}{W_{MS}}$$

Ecuación 1. Porcentaje de retención

- $W_{RMS}$ : Peso retenido de la muestra seca
- $W_{MS}$ : Peso de la muestra seca

#### **2.4.4. Caracterización del zuro de maíz y cáscara de limón**

La caracterización de los bioadsorbentes se realizó física y química con la finalidad de conocer cómo se encontraban antes del proceso.

#### **2.4.5. Parámetros físico químicos del zuro y cáscara de limón.**

Para la evaluación de los parámetros físico-químico iniciales del zuro de maíz (ZM) y la cáscara de limón (CL) se prepararon dos extractos, para los cuales se determinó el pH, conductividad, temperatura y potencial redox, los cuales fueron medidos utilizando un multiparámetro HACH (método potenciométrico). Estos extractos fueron preparados con 50 gramos de zuro de maíz y 50 gramos de cáscara de limón por separado, donde se aplicaron 250 ml de agua destilada a cada una, teniendo una relación de 1:5, siendo luego agitados en un equipo rotacional con una velocidad de 30 rpm, por un tiempo de 45 minutos, para luego ser filtrados y ser medidos. Previo análisis, el equipo fue calibrado con buffer HANNA, en soluciones de 4, 7 y 10 de pH, y calibración electrónica del electrodo que se encontraban en un 96% de rendimiento lo que fue aceptable para realizar las mediciones (Ver tabla N°8).



Figura 3: Análisis iniciales del material bioadsorbente. A) Material Seco, B) Extracto de las cáscaras de limón.

#### 2.4.6. Porcentaje de humedad del zuro de maíz y cáscara de limón

La humedad de los bioadsorbentes fue importante conocer para poder realizar su acondicionamiento y triturado de las biomásas que se utilizarían en el proceso de reducción de la solución acuosa de plomo (II). Este parámetro físico fue realizado utilizando el método ASTM D2216 (determinación de la humedad), en donde se emplearon 50 gramos de cada uno de los bioadsorbentes lavados con agua destilada para luego colocarlos en una estufa a 105 °C por 60 minutos, los que después fueron retirados y puestos a enfriar para volver a pesarlos y así obtener su porcentaje de humedad. Los resultados se encuentran en la tabla N° 10.

$$[\%H] = \frac{W_{TARA+ZURO\ HUMEDO} - W_{TARA+ZURO\ SECO}}{W_{TARA+ZURO\ SECO} - W_{TARA}} \times 100$$

*Ecuación 2. Porcentaje de humedad*

Nota:

Los pesos todos en gramos.

$W_{TARA+ZURO\ HUMEDO}$ : Peso en gr de la tara + zuro húmedo

$W_{PESO\ DE\ TARA + ZURO\ SECO}$ : Peso de la tara en gr + zuro seco

$W_{TARA}$ : Peso de la Tara

$[\%H]$ : Porcentaje de Humedad.

#### **2.4.7. Preparación del contaminante plomo (II) a partir del nitrato de plomo**

En el desarrollo de investigación, se preparó la solución acuosa de Plomo (II) a partir del nitrato de plomo ( $Pb [NO_3]_2$ ), siendo el reactivo de grado Q.P (químicamente puro), marca HIMEDIA, con una pureza de 99.101%, donde se realizaron los siguientes cálculos para obtener una concentración de 2.5150 mgPb/L lo cual fue determinado por absorción atómica posteriormente.

Se hizo el cálculo del peso molecular del nitrato de plomo ( $Pb (NO_3)_2$ ) dando como resultado 331.21 g/mol.

Asimismo, se trabajó con 2 litros de volumen de solución acuosa contaminada por Pb (II), siendo el método factorial de 3x3x3 dando un resultado de 27 muestras, llegando a preparar 54 litros de agua contaminada, teniendo como base la concentración de 2.5150 mgPb/L, el cual fue calculado de la siguiente manera:

$$2.5150 \text{ mg/L} \times 54 \text{ L} = 135.81 \text{ mgPb}$$

Como:

$Pb(NO_3)_2$	$\longleftrightarrow$	$Pb$
331.21		207.19
X	$\longleftrightarrow$	135.81
$X = 217.103 \text{ mg } Pb(NO_3)_2$		

Pureza:

99	$\longleftrightarrow$	100
217.103	$\longleftrightarrow$	x
$X = 219.30 \text{ mg } Pb(NO_3)_2$ peso utilizado en 54 litros para una concentración de 2.5150 mgPb/L		

Para determinar analíticamente la concentración de plomo se procedió a evaluar por el método de absorción atómica (EPA 3050) mediante el siguiente proceso: tomando una muestra de 100 ml homogenizada, agregándole 5 ml de ácido nítrico para llevarlo a la plancha de digestión por 2 horas, luego darle el medio con ácido clorhídrico, enfriar y enrazar en una fiola de 25 ml siendo la muestra enviada a laboratorio para su análisis. La concentración obtenida fue 2.5150 mgPb/L que sirvió para realizar los cálculos para contaminar el agua.

#### 2.4.8. Análisis de los parámetros químicos y físicos de la solución acuosa con plomo (II).

Se va analizar la solución de plomo mediante el pH, conductividad eléctrica, potencial redox, turbidez y temperatura por el método potenciométrico utilizando para la medición un multiparámetro marca HACH modelo HQ40d.



Adicionalmente, se realizó el método de gravimetría para evaluar los parámetros físicos como los sólidos totales, sólidos disueltos y sólidos suspendidos totales, para lo cual se va detallar los cálculos respectivos y las condiciones necesarias.

**Sólidos totales (ST):** Se tomo 100 ml de agua de la solución acuosa contaminada con Pb (II), agitando enérgicamente, para llevarlo a la plancha de calentamiento a 300 °C por 1 hora para luego bajar la temperatura a 150 °C, y finalmente llevarlo a 100 °C, hasta sequedad, para luego ponerlo en la estufa a 105 °C, por 45 minutos, sacar y poner a enfriar en un desecador y pesar el vaso precipitado con los residuos sólidos totales.

$$ST \text{ (mg/l)} = \frac{(W_{\text{VASO + MUESTRA}} - W_{\text{VASO SECO}}) * 1000}{V_L}$$

*Ecuación 3. Determinación de sólidos totales*

**Donde:**

$W_{\text{VASO + MUESTRA}}$ : Peso de la muestra seca a 105 °C por 45 minutos + peso del vaso

$W_{\text{VASO SECO}}$ : Peso del vaso seco a 105 °C por 45 minutos

$V_L$ : Volumen de la muestra en litros

**Sólidos Disueltos (SD):** A diferencia de los sólidos totales esta muestra se filtra con papel Whatman N.º 40, Teniendo el procedimiento de preparación similar al de los sólidos totales.

$$SD \text{ (mg/l)} = \frac{(W_{\text{VASO + MUESTRA}} - W_{\text{VASO SECO}}) * 1000}{V_L}$$

*Ecuación 4. Determinación de sólidos disueltos*

**Donde:**

$W_{\text{VASO + MUESTRA}}$ : Peso de la muestra seca a 105 °C por 45 minutos + peso del vaso

$W_{\text{VASO SECO}}$ : Peso del vaso seco a 105 °C por 45 minutos

$V_L$ : Volumen de la muestra en litros filtrado.

**Sólidos suspendidos totales (SST):** Los sólidos suspendidos totales se determinaron aplicando la definición de la diferencia.

$$\text{SST (mg/l)} = \text{ST} - \text{SD}$$

*Ecuación 5. Determinación de sólidos suspendidos totales*

**Donde:**

SST: Sólidos suspendidos totales (mg/l)

ST: Sólidos totales (mg/l)

SD: Sólidos disueltos (mg/l)

**2.4.9. Parámetros biológicos: oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno (Los resultados se encuentran en la tabla N° 16)**

El análisis de los parámetros biológicos se realiza para saber las condiciones del agua ya que en el estudio se está utilizando materia orgánica y puede haber la posibilidad de que esta materia orgánica influya en el consumo de oxígeno del agua. Es por ello, que se hacen el análisis de OD y DQO, que nos servirán para controlar la medición de como va la materia orgánica en el tratamiento.

### **Oxígeno disuelto (OD) (mgO<sub>2</sub>/L) (método Winkler).**

El oxígeno es un parámetro de mucha importancia ya que la vida acuática depende del grado de oxígeno disuelto en el agua, cuando la temperatura es alta en las aguas esta es menor, causando problemas de eutrofización.

Se realizó la medición con un frasco estandarizado conocido como Winkler, donde se toma la muestra sin tener presencia de burbujas de oxígeno, fijado con reactivos como el sulfato de manganeso y ácido sulfúrico las que dan un color característico cuando tiene oxígeno o tiene una concentración baja o nula. Los resultados se encuentran en la tabla N° 16.

$$O.D. (mgO_2 /L) = \frac{\text{Vol. gast} \times N \times 8000 \times \text{Vol. w}}{\text{Vol. m} \times (\text{Vol. w} - 2)}$$

*Ecuación 6. Determinación de oxígeno disuelto*

#### **Donde:**

Vol. gast: Volumen gastado de Tiosulfato de Sodio 0.025N

N: Normalidad del Tiosulfato de Sodio 0.025N

Vol. w: Volumen de frasco Winkler

Vol. m: Volumen de muestra

### **Demanda química de oxígeno (DQO) ( mgO<sub>2</sub> /L) (método del dicromato)**

El análisis de DQO es importante ya que cuando las aguas están contaminadas, pierden el oxígeno dando como resultado una demanda química alta. La determinación se llevó a cabo con la toma de 3 ml de muestra y se realizó un blanco, colocándolo luego en un

termocalentador por 2 horas de digestión a una temperatura de 100 °C, enfriándolo posteriormente a temperatura ambiente y finalmente titularlo.

$$D. Q. O. (mgO_2 /L) = \frac{(\text{Vol. gast. Blanco} - \text{Vol. gast. Muestra}) \times N \times 8000}{\text{Vol. m.}}$$

*Ecuación 7. Determinación de demanda química de oxígeno*

**Donde:**

Vol. gast. Blanco: Volumen gastado en el blanco

Vol. gast. Muestra: Volumen gastado en la muestra

N: Normalidad del sulfato ferroso amoniacal 0.25N

Vol. m.: Volumen de la muestra

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) (mgO<sub>2</sub>/L) (método Winkler)**

El método se desarrolla a una temperatura de 20 °C, por un tiempo de 5 días donde se evaluó la materia orgánica existente en el agua, así ver su consumo y poder clasificar a la calidad que corresponde.

$$DBO_5 (mgO_2 /L) = \frac{OD_{INICIAL} - OD_{FINAL}}{\%Dilución}$$

*Ecuación 8. Determinación de demanda bioquímica de oxígeno*

Donde:

DBO<sub>5</sub>: Demanda bioquímica de oxígeno (mgO<sub>2</sub> /L)

OD<sub>INICIAL</sub>: Oxígeno disuelto inicial (mgO<sub>2</sub> /L)

OD<sub>FINAL</sub>: Oxígeno disuelto final (mgO<sub>2</sub> /L)

#### 2.4.10. Tratamiento de reducción del plomo (II) en la solución acuosa

De los 54 litros de agua contaminado con plomo a concentración 2.5150 mgPb/L, se dividieron en 27 pruebas con 2 litros cada una.

#### 2.4.11. Dosis del bioadsorbente utilizado en el proceso de reducción de plomo (II) en la solución acuosa

La dosis utilizada fue de 5g/L (5CL), 10g/L (10CL), 20g/L (20CL), los cuales se resumen como 5CL, 10CL y 15CL que significa la cantidad aplicada de cáscara de limón por litro de solución y en cuanto al zuro de maíz las dosis utilizadas fueron 20g/L (20ZM), 30g/L (30ZM) y 40g/L (40ZM).

Cabe resaltar que todos los tratamientos utilizaron la mezcla de ambos bioadsorbentes en las proporciones indicadas respectivamente.

#### 2.4.12. Tiempos de los tratamientos con zuro de maíz y cascara de limón en la solución acuosa con plomo (II).

Los tiempos utilizados fueron 2 horas, 4 horas y 6 horas que en relación a las dosis dan como resultado 5CL20ZM2H, 10CL30ZM2H y 15CL40ZM2H. De igual manera se aplican las mismas dosis para las otras horas (4h y 6h).

Código	Significado
5CL20ZM2H	5g/L limón / 20g/L zuro / 2 horas
10CL30ZM2H	10g/L limón / 30g/L zuro / 2 horas

20CL40ZM2H	20g/L limón / 40g/L zuro / 2 horas
5CL20ZM4H	5g/L limón / 20g/L zuro / 4 horas
10CL30ZM4H	10g/L limón / 30g/L zuro / 4 horas
20CL40ZM4H	20g/L limón / 40g/L zuro / 4 horas
5CL20ZM6H	5g/L limón / 20g/L zuro / 6 horas
10CL30ZM6H	10g/L limón / 30g/L zuro / 6 horas
20CL40ZM6H	20g/L limón / 40g/L zuro / 6 horas

#### 2.4.13. Evaluación de la concentración final de plomo (II)

Para determinar la concentración final después del tratamiento en los tiempos establecidos, se cuantifico mediante el equipo de absorción atómica.

#### 2.4.1. Porcentaje de eficiencia de remoción del plomo (II)

El porcentaje de reducción de plomo se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Reducción} = \frac{C_{Pi} - C_{Pf}}{C_{Pi}} \times 100$$

*Ecuación 9. Porcentaje de reducción*

Donde:

CPi: Concentración del parámetro inicial

CPf: Concentración del parámetro final

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Determinación de los tamaños de partículas de zuro de maíz y cascara de limón.

Con la finalidad de caracterizar las partículas que intervienen en el proceso se determinaron los tamaños promedios de los materiales bioadsorbentes utilizados. Para el caso del Limón se encontró el resultado con la ayuda del uso de un vernier un tamaño promedio de 4.75 mm.

Por otro lado, para el zuro de maíz ya que estaba molido se utilizó una porción de 600 gr para determinar el análisis granulométrico utilizando tamices según el método ASTM D422, encontrándose en la tabla N° 8 los valores respectivos para ese material.

Tabla N° 8: *Análisis granulométrico del zuro de maíz (método ASTM D422)*

N° Malla	Abertura mm	Peso Retenido g	Porcentaje Retenido %	% Acumulado + retenido	Pasa -
N° 4	4.75	0	0	0	100
N°5	4.00	186	31.00	31	69
N°10	2.00	196	32.7	63.7	36.3
N°12	1.70	49	8.17	71.87	28.13
N°18	1.00	61	10.16	82.03	17.97
N°20	0.850	30	5.00	87.03	12.97
N°45	0.355	43	7.17	94.2	5.8
N°-45	0.355	35	5.8	100	0.0
	TOTAL	600	100		

El retenido es el material que se queda en la parte superior de la malla y el que pasa es el que va por la parte inferior de la malla y así se realiza hasta obtener los valores de 100 y 0 tal cual se muestra en la tabla N°8.

### 3.2. Parámetros físico químicos del extracto del zuro de maíz y cáscara de limón

Se determinaron los siguientes parámetros fisicoquímicos del zuro de maíz (ZM) y cáscara de limón (CL) por separado, los cuales se pueden apreciar en la tabla 9. Este análisis se le realizó al extracto en la cual se utilizó 30gr de cada bioadsorbente con 250 ml de agua destilada para cada una y así determinar sus condiciones iniciales.

Tabla N° 9: *Resultados de los parámetros fisicoquímicos iniciales del zuro de maíz y cáscara de limón*

Código de la muestra	Temperatura °C	pH ácido / base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial redox mv
ZM	21.8	6.15	2080	96
CL	22.00	4.96	2700	156

Donde, ZM es Zuro de Maíz y CL es Cáscara de Limón

Se observa que el pH de la cáscara de limón es menor a la del zuro de maíz debido a la presencia de ácidos cítricos, también se aprecia una diferencia entre el zuro de maíz y cáscara de limón con respecto al potencial redox.

### 3.3. Determinación del porcentaje de humedad inicial del zuro de maíz y cáscara de limón.

Se realizó el trabajo primero con el pesado de la tara que fue 437 g para el Zuro de maíz y 432 g para la Cáscara de Limón, luego se hizo el pesado de la muestra húmeda más la tara, posterior a ello la muestra seca más tara. Una vez obtenido los valores se analiza según fórmula (ecuación 2) el porcentaje de humedad, dando como resultados los descritos en la tabla N° 10.



Tabla N° 10: *Resultados inicial del porcentaje de humedad de las biomásas*

Código de la muestra	Peso Tara (g)	Peso muestra húmeda + Tara (g)	Peso de muestra seca + Tara (g)	% Humedad
ZM	437	569	472	73.00
CL	432	521	458	71.00

Donde, ZM es Zuro de Maíz y CL es Cáscara de Limón

En la tabla de resultados se observa que los porcentajes de humedad para el zuro de y la cáscara de limón fueron algo similares. Viendo la existencia de mucha humedad la decisión de secar las biomásas en un sistema de invernadero ya que este procedimiento tuvo una duración de 22 días, siendo analizados mediante el método ASTM D-2216.

### 3.4. Caracterización de la solución acuosa de plomo (II)

Para determinar la concentración inicial que se utilizaría en el tratamiento se realizó la lectura de la solución acuosa por absorción atómica, mandado a analizar en laboratorio, donde se obtuvo una concentración de 2.5150 mgPb/L, siendo esta concentración el punto de partida para los tratamientos.

Tabla N° 11: *Concentración inicial de la muestra con Pb (II)*

Código	Pb (mg/l)
CPb - SAI	2.5150

CPb – SAI: Concentración de Pb (II) en la solución acuosa inicial

Tabla N° 12: *Parámetros fisicoquímicos iniciales de la solución acuosa*

Código de la muestra	Temperatura °C	pH ácido / base	Conductividad eléctrica μS/cm	Potencial redox mv
SAI	21.00	4.35	2543	235

SAI: Solución Acuosa Inicial

Se observa que el valor de pH de la solución acuosa es ácido, teniendo como valor 4.35 pH y su conductividad es elevada para las categorías 1 y 4 del ECA para agua, establecido mediante D.S. 004-2017-MINAM.

Tabla N° 13: *Parámetros físicos iniciales de la solución acuosa*

Código	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Turbidez NTU
SAI	1452	465	987	25.6

SAI: Solución Acuosa Inicial

Se observa que la solución acuosa presenta turbidez, esto se debe que, al momento de preparar la solución, el agua se torna un color blanco lechoso, lo cual el equipo de medición logra a detectar.

Tabla N° 14: *Parámetros fisicoquímicos iniciales de la solución acuosa*

Código	Oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
SAI	3.216	586.12	362.00

SAI: Solución Acuosa inicial

Se observa que la concentración de oxígeno disuelto es baja; sin embargo, la demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno presentan resultados altos, ambos resultados no se encuentran dentro del valor establecido del estándar de calidad ambiental para agua y esto se debe a la presencia del contaminante plomo presente en la solución acuosa.

### 3.5. Resultados del proceso de reducción de plomo (II) en una solución acuosa.

Una vez preparados los 3 tratamientos con las muestras contaminadas y sus respectivas dosis de bioadsorbentes que se analizaron en diferentes intervalos de tiempos, comprendido en 2H, 4H y 6H para después evaluar los diferentes parámetros mostrados en las tablas 17, 18 y 19 respectivamente.

#### 3.6.1. Primer Tratamiento 2 horas

Los resultados obtenidos se colocaron en el Anexo N° 16, sin embargo, en la tabla N° 17 se colocarán los resultados promedios obtenidos.

Tabla N° 15: *Resultados del primer tratamiento*

Código	Temperatura °C	pH (ácido/ base)	Conductividad eléctrica ( $\mu$ S/cm)	Potencial Redox (mv)	Turbidez (NTU)	Plomo (II) en el agua (mg/L)	Plomo (II) en el zuro (mg/L)	Oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
5CL20ZM2H	20.70	4.92	2435	201	24.7	1.5312	0.9838	3.384	551.39	1808	498	1310	341
10CL30ZM2H	20.70	5.85	1877	156	23.15	1.4505	1.0645	3.448	462.59	1442	490	952	302
20CL40ZM2H	20.70	6.17	1571	123	21.26	1.3872	1.1278	3.66	331.00	1350	456	894	290

Donde, pH es potencial de hidrógeno

Se puede observar que la temperatura se mantiene constante, que el pH a una dosis mayor se va neutralizando, la conductividad disminuye al igual que la turbidez y los sólidos. Asimismo, se aprecia que el DQO comienza a reducir junto con el potencial redox.

### 3.6.2. Segundo Tratamiento 4 horas

En la siguiente tabla se puede apreciar los resultados promedios correspondientes al segundo tratamiento. Asimismo, sus resultados se encuentran en el anexo 17.

Tabla N°16: *Resultados del segundo tratamiento*

Código	Temperatura °C	pH (ácido/base)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Potencial Redox (mv)	Turbidez (NTU)	Plomo (II) en el agua (mg/L)	Plomo (II) en el zuro (mg/L)	Oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
5CL20ZM4H	21.01	5.63	2083	173	22.39	1.1097	1.4050	4.236	437.04	1426	784	642	268
10CL30ZM4H	21.01	5.92	1931	167	21.28	0.5342	1.9806	4.465	370.48	1246	619	627	211
20CL40ZM4H	21.01	6.20	1582	140	20.74	0.5107	2.0041	4.825	285.82	1142	549	593	192

Aquí se puede observar que pasada las 4 horas, se presentan las mismas condiciones de reducción como: pH se neutraliza, la conductividad, turbidez, DQO, DBO y sólidos siguen reduciendo, así como el plomo en el agua que también está disminuyendo.

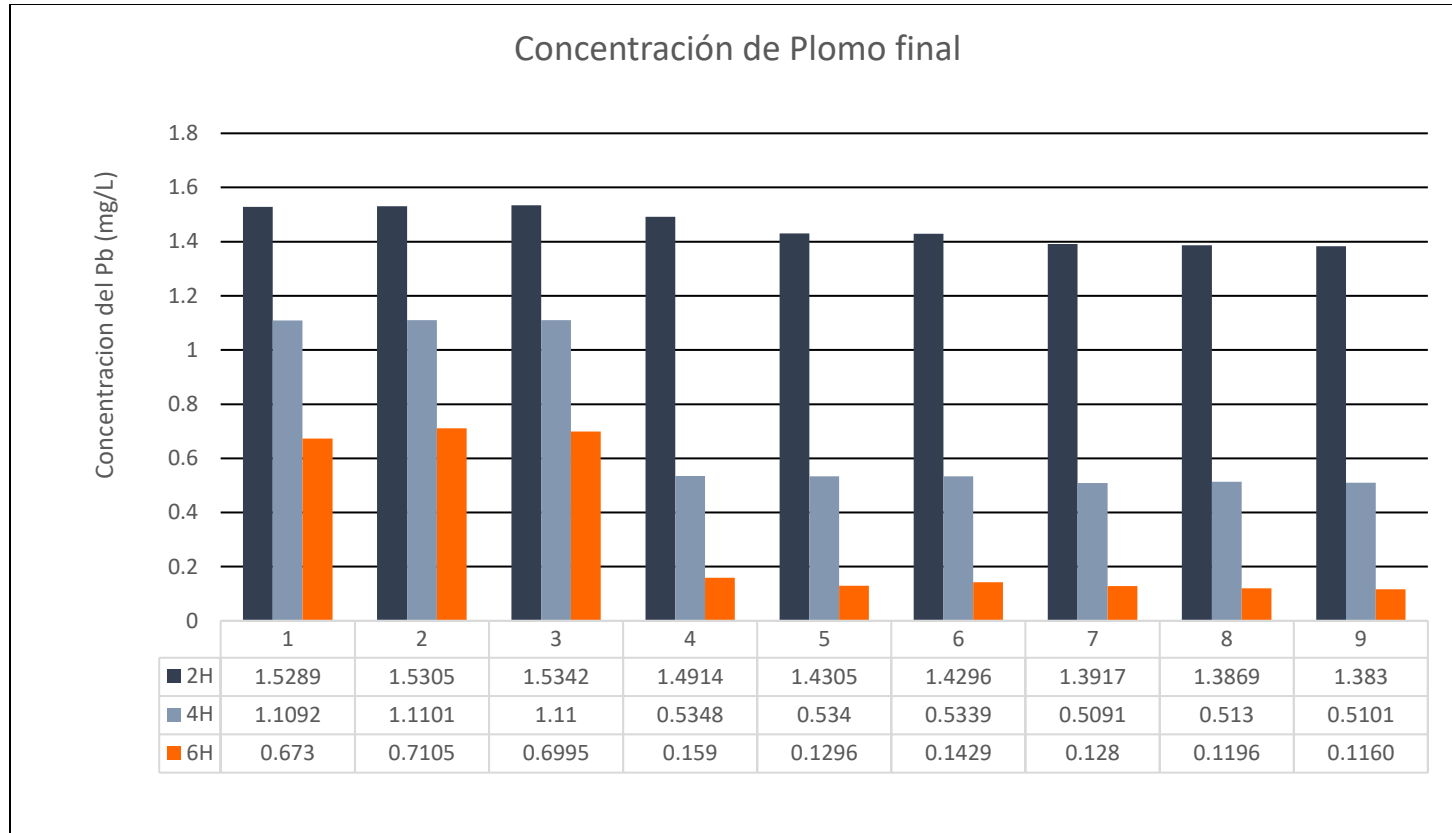
### 3.6.3. Tercer Tratamiento 6 horas

Los resultados obtenidos se encuentran en el Anexo N° 18; sin embargo, los resultados promedios se presentan a continuación:

Tabla N°17: *Resultados del tercer tratamiento*

Código	Temperatura °C	pH (ácido/base)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Potencial Redox (mv)	Turbidez (NTU)	Plomo (II) en el agua (mg/L)	Plomo (II) en el zuro (mg/L)	Oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
5CL20ZM6H	19.24	6.50	1153	173	20.04	0.6943	1.8406	5.438	310.48	1107	666	441	189
10CL30ZM6H	19.24	6.40	1233	167	19.72	0.1438	2.3711	6.3516	222.15	1088	847	240	156
20CL40ZM6H	19.24	6.84	1082	140	18.53	0.1212	2.3938	6.643	167.53	1062	962	100	131

En este último tratamiento, se puede apreciar que, a las 6 H, la turbidez sigue disminuyendo, así como el plomo en el agua, la conductividad, el DQO, DBO y sólidos que siguen también disminuyendo; sin embargo, el Oxígeno disuelto comienza a aumentar lo cual es bueno ya que al aumentar nos podría indicar que el agua tiene una mejor calidad, lo cual será beneficioso para los ecosistemas acuáticos porque es probable que el medio sea más sano.



*Figura 4.* Reducción del plomo

En la figura se aprecia las distintas concentraciones obtenidas en cada una de las muestras correspondiente a cada tratamiento, demostrando la reducción eficiente de la concentración de plomo, cuya muestra con menor concentración es la muestra 9 del tercer tratamiento, dando como resultado una concentración de 0.1160 mg/L.

### 3.6. Porcentaje de eficiencia de remoción del plomo (II)

Tabla N° 18: Resultados de los porcentajes de remoción de Pb (II) por tratamiento.

Corridas (muestras por tratamiento)	Tratamiento	Tiempo de bioadsorción (horas)	Dosis de bioadsorbente (mg/L)		Concentración final de Pb	Porcentaje de remoción (%)
			Zuro de maíz	Cáscara de limón		
1			10	40	1.5289	39.21
2			10	40	1.5305	39.15
3			10	40	1.5342	39.00
4			20	60	1.4914	40.70
5	1	2	20	60	1.4305	43.12
6			20	60	1.4296	43.16
7			40	80	1.3917	44.66
8			40	80	1.3869	44.85
9			40	80	1.383	45.01
10			10	40	1.1092	55.90
11			10	40	1.1101	55.86
12			10	40	1.11	55.86
13			20	60	0.5348	78.74
14	2	4	20	60	0.534	78.77
15			20	60	0.5339	78.77
16			40	80	0.5091	79.76
17			40	80	0.513	79.60
18			40	80	0.5101	79.72
19			10	40	0.673	73.24
20			10	40	0.7105	71.75
21			10	40	0.6995	72.19
22			20	60	0.159	93.68
23	3	6	20	60	0.1296	94.85
24			20	60	0.1429	94.32
25			40	80	0.128	94.91
26			40	80	0.1196	95.24
27			40	80	0.1160	95.39
Concentración Inicial de Pb					2.515	

### 3.7. Resultados de la prueba de hipótesis

#### 3.7.1. Estadística descriptiva

*Tabla N° 19: Descriptivo de la concentración del ion plomo (II)*

Estadísticos	
Media	,8314
Mediana	,6995
Desv. Desviación	,53144
Mínimo	,12
Máximo	1,53

En la tabla 1 demostramos que la mediana es de 0,8314 mg/L, el promedio de la concentración de ion plomo (II) es de 6,9995 mg/L, la desviación estándar es de 0,53144, el menor valor ha sido 0,12 y el máximo 1,53.

*Tabla N° 20: Descriptivo sobre Parámetros Agua Contaminada Con Plomo Después Del Tratamiento*

	Estadísticos						
	pH	TURBIDEZ	DQO	DBO	OD	Temperatura	Conductividad
Media	6,0496	21,3126	348,7096	231,2593	4,7171	20,3167	1660,8148
Mediana	6,1800	21,2500	333,7100	210,0000	4,4660	20,7000	1585,0000
Desv. Desviación	,54104	1,80772	116,80343	69,48912	1,16329	,78647	441,86850
Mínimo	4,89	18,35	145,22	121,00	3,38	19,24	1004,00
Máximo	6,90	24,71	567,34	353,00	6,70	21,01	2440,00



En la tabla 22 demostramos que en pH, turbidez, DQO, DBO, OD, temperatura, conductividad presentan una mediana de 6,0496 pH; 21,3126 ntu; 348,7096 ml/L; 231,2593 ml/L; 4,7171 ml/L; 20,3°C; 1660,8148 mv respectivamente y en promedio obtiene 6,1800pH; 21,2500 ntu; 333,7100 ml/L; 210,0000 ml/L; 4,4660 ml/L; 20,7000°C; 1585 mv.

### 3.7.2. Hipótesis General

Para el caso de la hipótesis general se va a realizar un análisis estadístico inferencial mediante la prueba de normalidad si las muestras de la concentración del ion plomo presente en el agua tienen o no una distribución normal, teniendo en cuenta lo siguiente:

H1: La variable plomo en la muestra tiene una distribución normal

H0: La variable plomo en la muestra no tiene una distribución normal

Tabla N° 21: *Prueba de normalidad para la Concentración de Plomo final (en agua)*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de Plomo final (en agua)	,184	27	,020	,870	27	,003

a. Corrección de significación de Lilliefors

Al 95% de confiabilidad

**$\alpha=0.05$**

En la tabla 23 vemos que hay 27 (<30) datos por lo que se recomienda la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, el cual posee una significancia de 0,003 ( $p<0.05$ ), rechazándose así la hipótesis nula y se afirma la variable plomo en la muestra tiene una distribución normal, es decir es paramétrico.

H1: El método de bioadsorción mediante el uso del zuro de maíz y la cáscara de limón reducen significativamente la concentración del ion plomo (II) en una solución acuosa.

H0: El método de bioadsorción mediante el uso del zuro de maíz y la cáscara de limón no reducen significativamente la concentración del ion plomo (II) en una solución acuosa.

Tabla N° 22: *Prueba de T de Student sobre la concentración de plomo en el tratamiento*

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par	Concentración de Plomo en el	1,13651	,22591	,07530	,96286	1,31016	15,093	8	,000
1	tratamiento 1 - Concentración de Plomo en el tratamiento 3								

En la tabla 24 mostramos que en la prueba de T de Student tienen una significancia de  $p=0$  ( $p<0.05$ ) por lo que rechazamos la hipótesis nula y afirmamos que el método de bioadsorción mediante el uso del zuro de maíz y la cáscara de limón reducen significativamente la concentración del ion plomo (II) en una solución acuosa.

### 3.7.3. Hipótesis Específicas

Al igual que la hipótesis general, las hipótesis específicas se analizaron mediante análisis estadísticos, los cuales se muestran:

H1: Las características del zuro de maíz y la cáscara de limón como bioadsorbentes influirán en la reducción del ion plomo II en una solución acuosa.

H0: Las características del zuro de maíz y la cáscara de limón como bioadsorbentes no influyen en la reducción del ion plomo II en una solución acuosa.

Tabla N° 23 Prueba de Normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	,150	27	,120	,931	27	,075
TURBIDEZ	,169	27	,045	,950	27	,216
DQO	,092	27	,200*	,972	27	,653
DBO	,155	27	,095	,938	27	,110
OD	,150	27	,121	,886	27	,007
Temperatura	,354	27	,000	,698	27	,000
Conductividad	,160	27	,074	,928	27	,060

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 25 vemos que hay 27 (<30) datos por lo que se recomienda la prueba de normalidad Shapiro-Wilk posee la mayoría una significancia de 0,003 ( $p < 0.05$ ), rechazamos la hipótesis nula y se afirma Parámetros Agua Contaminada Con Plomo tiene una distribución normal.

Tabla N° 24. Prueba T Student para todos los parámetros del tratamiento

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 0						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
pH	58,101	26	,000	6,04963	5,8356	6,2637
TURBIDEZ	61,261	26	,000	21,31259	20,5975	22,0277
DQO	15,513	26	,000	348,70963	302,5037	394,9155
DBO	17,293	26	,000	231,25926	203,7703	258,7482
OD	21,070	26	,000	4,717111	4,25693	5,17729
Temperatura	134,231	26	,000	20,31667	20,0056	20,6278
Conductividad	19,530	26	,000	1660,81481	1486,0175	1835,6122

En la tabla 26 mostramos que en la prueba de T de Student tienen una significancia de  $p=0$  ( $p<0.05$ ) por lo que rechazamos la hipótesis nula y afirmamos que las características del zuro de maíz y la cáscara de limón como bioadsorbentes influirán en la reducción del ion plomo II en una solución acuosa.

H1: La dosis óptima del zuro de maíz y la cáscara de limón como bioabsorbentes disminuyen significativamente la concentración del ion plomo II presente en la solución acuosa.

H0: La dosis óptima del zuro de maíz y la cáscara de limón como bioabsorbentes NO disminuyen significativamente la concentración del ion plomo II presente en la solución acuosa.

### Prueba para una muestra

	t	gl	Sig. (bilateral)	Valor de prueba = 0	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Diferencia de medias	Inferior	Superior
Concentración de Plomo final (en agua)	8,129	26	,000	,8314444	,621213	1,041676
Dosis	14,819	26	,000	83,33333	71,7740	94,8926

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

La caracterización del extracto de cáscara de *Citrus limon* y zuro de *Zea mays*, así como también la evaluación de la solución inicial preparada de plomo permitió encontrar los niveles de concentración base de los diferentes parámetros evaluados en la presente investigación.

El ensayo que tuvo mejor reducción del catión plomo fue el tratamiento en la cual los materiales adsorbentes estuvieron en contacto por 6 horas, reportándose valores aceptables de PH, conductividad eléctrica, turbidez, DQO, DBO y sólidos, demostrando que son eficientes el uso de la cáscara de bioadsorbentes, los cuales no generan impactos ambientales por ser biomasas naturales.

Con respecto a la menor concentración obtenida en el tratamiento fue de 0,116 mg/L; sin embargo, en la investigación de Cardona, Cabañas, y Zepeda (2013), indican que su mejor resultado alcanzado fue una concentración mínima de plomo de 0.252 mgPb/L mediante el uso de la cáscara de naranja, así mismo se logró una concentración final de 8.69 mg/L usando el zuro de maíz según la investigación de Balseca (2017). En ese mismo contexto Porras & Martínez (2019) en su investigación usando coronta de maíz como carbón activado lograron una concentración final de 3.57 mg/L, observamos que de las diferentes

concentraciones reportadas de las otras investigaciones obtuvimos el mejor resultado, esto logrado utilizando la mezcla de cáscara de *Citrus limon* y zuro de *Zea mays*.

Correspondiente al mejor % de reducción de plomo que fue de 95.39%, este resultado obtenido se comparan con la investigación de Tejada, Herrera y Nuñez (2016), que utilizando diferentes biomásas residuales obtuvieron 99.2% para la cáscara de naranja y 67.5% en el caso del zuro de maíz; sin embargo, en otra investigación utilizando el mismo bioadsorbente marlo de maíz pero a diferentes condiciones se obtuvo un 97% (Oré, Lavado y Bendezú., 2015), traduciéndose que los porcentajes obtenidos se asemejan a la investigación que se está presentando, dando a conocer que los bioadsorbentes naturales pueden ser aprovechados en tratamientos de agua de manera no convencional, optimizando costos a diferencia de otros tratamientos.

En cuanto a la dosis y el pH que logran los mejores resultados del tratamiento de reducción de plomo usando la mezcla de cáscara de *Citrus limon* y zuro de *Zea mays* fue 20 g/L y 40 g/L respectivamente teniendo un valor de 6.9 pH, donde se aprecia resultados similares en la investigación de Parraga Ospina (2018), en la que indica que utilizo 10g, 15g y 20 g de mezcla entre cáscara de lima y naranja de las cuales la más eficaz fue la dosis de 15g pero tuvo diferente pH puesto que fue 1.5; sin embargo según Marshall & Espinoza (2016) los mejores resultados en su investigación se dieron teniendo pH 5 y con el empleo de 1.5

g de cascara de limón ya que absorbe 93.54% de plomo y 98.80 % de mercurio y 3 g con la toronja se logra un 96.08% de plomo y 98.58% de mercurio.

Es importante resaltar que los incrementos en la efectividad de los tratamientos se ven reflejados en la composición de las biomásas naturales y su afinidad con el contaminante, entre las cuales se considera que para una remoción de plomo la biomasa contiene fibra que posee entre ellas la lignina y hemicelulosa al 98.88%, que tienen la capacidad de remover los iones de plomo, como lo describe Moya (2018). Además, Dávila, et al. (2016) menciona que el uso de cáscara de frutas que contienen vitamina C, son utilizadas también para descontaminar aguas con presencia de metales dado que contienen grupos carboxílicos que permiten la adsorción ya que los cationes de los metales se unen por interacciones electrostáticas con los aniones que se encuentran en los biosorbentes. De forma similar, la coronta de maíz tiene la capacidad de adsorber cromo hexavalente; debido al contenido de lignina que posee como sostiene Muñiz (2016), que puede ser modificado para alcanzar un mayor porcentaje de lignina, en la cual la superficie presenta mayor porosidad y produce ácidos carboxílicos que sirven como sitios activos. Este contenido que poseen las cáscaras ayuda en la bioadsorción, debido a que los bioadsorbentes naturales tienen la capacidad de retener iones de metales sobre su superficie (Cortes Velázquez, 2015).

Por último, el ensayo con mejores resultados fue al emplear una concentración de 20g/L de cascara de limón y 40g/L de zuro de maíz a un tiempo de exposición de 6 horas,



logrando una concentración final de 0.1160 mg/L demostrando que la mezcla de los bioadsorbentes mencionados llegan a reducir el plomo presente en la solución acuosa.

#### 4.2. Conclusiones

- Se determinó los parámetros fisicoquímicos iniciales de la solución acuosa de plomo, los cuales poseían valor ácido en el caso del pH y valores altos con respecto a la conductividad eléctrica, potencial redox, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos totales y turbidez, demostrando estos valores que su calidad del agua no es buena.
- La caracterización de los bioadsorbentes cáscara de *Citrus limon* y zuro de *Zea mays* fueron evaluados mediante extractos de manera independiente, en la cual se puede apreciar valores similares para la temperatura, un valor más ácido en el caso del limón, una conductividad más baja para el zuro, un potencial redox alto para el limón y la presencia de un porcentaje de humedad alto y similares en ambos casos.
- Se observó que las tres dosis diferentes de cada bioadsorbente (5CL20ZM, 10CL30ZM y 20CL40ZM), el que mejor resultados obtuvo fue al aplicar una dosis de mayor valor siendo 20CL40ZM (cáscara de *Citrus limon* 20g/l y 40g/ para el zuro de *Zea mays*), demostrando que los bioadsorbentes naturales sin uso de químicos, son eficientes y

pueden ser aplicados en tratamientos de agua para reducir la contaminación de plomo presentes en el agua.

- Se encuentra que el uso de cáscara de *Citrus limon* y zuro de *Zea mays* presentan una acción sinérgica porque existe una afinidad entre los adsorbentes y el adsorbato pb presente en agua, debido a la composición de los adsorbentes ya que poseen materiales lignocelulósicos y grupos funcionales los cuales las hacen capaces de adsorber metales como el plomo, lográndose alcanzar para este tratamiento una reducción de 95.39%, valor que indicaría su efectividad en el tratamiento de metales pesados.
- Se concluye que el tiempo de contacto empleado en la bioadsorción de plomo si influye en el proceso de reducción de pb en el agua, el cual tuvo inicialmente una concentración de 2.515 mg/l, demostrando que de los diferentes tiempos utilizados (2, 4 y 6 horas), el mejor resultado se obtuvo en el tercer tratamiento, teniendo el mayor tiempo de contacto que fue 6 horas dando una concentración final de pb en el agua de 0.116 mg/l.

### 4.3. Recomendaciones

- Se recomienda realizar una planta piloto a mediana o grande escala para poder verificar el funcionamiento de manera continua, el aumento en los costos y poder determinar así si el proyecto es viable o no para tratamiento de aguas con metales pesados.
- Se recomienda evaluar otras variables enfocados en el tamaño de partícula, así mismo el análisis de las materias primas para poder identificar los componentes que poseen, los cuales permiten la reducción de plomo.

## REFERENCIAS

- ACQUA TECNOLOGÍA. (28 de Octubre de 2019). ACQUA TECNOLOGÍA. Obtenido de ACQUA TECNOLOGÍA: <http://acqua.com.pe>
- 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. (tesis de licenciatura). Universidad Privada del Norte.
- ANA. (2012). Gestión de la Calidad de los recursos Hídricos en el Perú. Lima.
- Armijo, J., Rivera, D., & Mallma, G. (2009). Biosorción de Cr (VI) por Cáscara de Limón, CITRUS LIMONIUM, Modificada. Revista de la Sociedad Química del Perú, 45-51.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima.
- Balseca Avendaño, H. (s.f.). Capacidad del zuro de maíz Zea mays como bioadsorbente para remover Plomo divalente en aguas contaminadas a nivel laboratorio, SJL, 2017. 2017.
- Bianchini, F., & Grassi, L. (2018). Estudios en poblaciones afectadas por metales pesados en Pasco. Calci.
- Burger, M., & Pose, D. (2010). Plomo Salud y Ambiente. Montevideo.
- Cárdenas, C. (14 de Diciembre de 2018). Espinar: Detectan presencia de metales tóxicos en agua de consumo humano. Obtenido de Espinar: Detectan presencia de metales tóxicos en agua de consumo humano: <https://ojo-publico.com/1019/espinar-detectan-presencia-de-metales-toxicos-en-agua-de-consumo-humano>
- Cárdenas, M., & Ulloa, M. (2013). Determinación de Capacidad de bioadsorción de plomo divalente empleado Kikuyo como adsorbente a nivel laboratorio. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Cardona, A., Cabañas, D., & Zepeda, A. (2013). Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb(II) y Zn (II). Redalyc, 1-10.
- Caviedes Rubio, D., Muñoz Calderon, R., Perdomo Gualtero, A., Rodríguez Acosta, D., & Sandoval Rojas, I. (2015). Tratamientos para la Remoción de metales pesados comúnmente presentes en aguas residuales industriales. Ingeniería y Región, 73-90.
- Cayetano Terrel, P. (2019). Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados: Plomo, Cadmio, Mercurio y Arsénico. Lima.
- Chacaltana Torres, R. (2018). Uso de Borra de café como bioadsorbente para la remoción de cadmio y plomo disuelto en el agua del Río Añasmayo Sector la Perla - Huaral. Lima, Perú.
- Corporación Universitaria Lasallista. (2012). Cítricos: Cutivo, POSCOSECHA E INDUSTRIALIZACIÓN. Artes y Letras S.A.S.
- Correo, D. (21 de Marzo de 2019). Diario Correo. Obtenido de Diario Correo: <https://diariocorreo.pe/edicion/lima/amnistia-internacional-denuncia-que-en-peru-miles-de-personas-consumen-agua-contaminada-con-metales-pesados-877206/#>
- Cortes Velázquez, J. (2015). Propuesta de un sistema de biofiltración de cromo hexavalente en agua utilizando olote de maíz. Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Davalos, A. (2017). Diversidad de maíz (Zea mays L.) en la selva Peruana. Universidad Nacional Agraria de la Molina, Ecuador.
- Dávila, P., Mendoza, S., Mendoza, V., Patiño, V., Pinzón, J., Gil, P., & Rondón, D. (28 de Julio de 2016). Biosorción de metales pesados. Latin American Journal of Science Education, 1-10.
- Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. (2007). Resumen de Salud Pública - Plomo. Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades -División de Toxicología y Medicina Ambiental, 1-15.

- Doménech, J., & Peral, J. (2012). Química ambiental de Sistemas Terrestres. Barcelona: Reverté S.A.
- FAO. (10 de Enero de 2020). FAO. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/home/search/en/?q=maiz>
- Flores Lozano, H. (2016). Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- García, N., Bravo, R., Morales, V., & Ramírez Alejandra. (2012). Análisis Granulométrico. México.
- Hernández Gómez, R., Garzón Gutiérrez, J., La Rotta, M., & Guerra Rodríguez, J. (2018). Evaluación de la capacidad de bioadsorción de plomo (II) presente en afluentes sintéticos, utilizando bioadsorbentes de origen vegetal. Revista Especializada en Ciencia, Tecnología e Ingeniería, 102-109.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). Estadísticas Ambientales.
- Janqui Guzman, G. (2018). Remoción de molibdeno del agua del río Challhuahuacho de Cotabambas-Apurímac con carbon activado de tusa de maíz. Puno: UNA-PUNO.
- Laura Ticona, 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. Arequipa.
- Londoño Franco, L., Londoño Muñoz, P., & Muñoz García, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 145-153.
- Manahan, S. (2007). Introducción a la Química Ambiental. México: REVERTÉ EDICIONES S.A.
- Marshall Sánchez, R. E., & Espinoza Subía, J. F. (2016). Evaluación del poder biosorbente de las cáscaras de cítricos (Limón y Toronja) para eliminación de metales pesados; Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) en aguas residuales sintéticas. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Mihelcic, J., & Zimmerman, J. (2011). Ingeniería Ambiental. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.
- Ministerio del Ambiente. (2016). Aprende a prevenir los efectos del mercurio. Lima: Gráfica 39 S.A.C.
- Moya, K. (2018). Remoción de plomo en aguas residuales procedentes de actividades mineras mediante la utilización de cáscara de cacao. (tesis de licenciatura). Universidad de Las Américas.
- Muñiz, J. (2016). Eficiencia del biosorbente de coronta de maíz para la adsorción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria Curtiembre Huachipa. Universidad Cesar Vallejo, Perú.
- OMS. (23 de Agosto de 2019). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Oré Jiménez, F., Lavado Meza, C., & Bendezú Montes, S. (2015). Biosorción de Pb (II) de aguas residuales de mina usando marlo de maíz. Sociedad Química del Perú, 122-134.
- Orozco Barrenetxea, C., Pérez Serrano, A., González Delgado, N., Rodríguez Vidal, F., & Alfayate Blanco, J. (2003). Contaminación Ambiental. Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Orozco Jaramillo, A. (2005). Bioingeniería de aguas residuales. Acodal.
- Ortiz Sanchez, E., & Vega Calero, L. (2019). Estudio de la bioadsorción de metales pesados (Pb y Cu) en las aguas del río Puyango, utilizando cáscara de naranja y plátano manzano. (tesis de licenciatura). Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Parraga Ospina, L. (2018). Eficacia de la bioadsorción mediante la mezcla de la cáscara de Lima y Naranja a diferentes concentraciones de las aguas del río Rímac – Lima 2018. Lima, Perú.
- Porrás, G., & Martínez, C. (2019). Adsorción de plomo mediante carbon activado de coronta de maíz de aguas contaminadas con relaves mineros. (tesis de licenciatura). Universidad Peruana Unión.
- Pradillo, B. (12 de Setiembre de 2016). Parametros de control del agua. Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>
- Pucar, D. (29 de Marzo de 2020). Lucha por la supervivencia: contaminación ambiental en Cerro de Pasco. Obtenido de Lucha por la supervivencia: contaminación ambiental en Cerro de Pasco:

<https://www.enfoquederecho.com/2020/03/29/lucha-por-la-supervivencia-contaminacion-ambiental-en-cerro-de-pasco/>

- Rodríguez Heredia, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. MEDISAN, 1-14.
- Salazar Caya, D., & Rodríguez Quispe, L. (2017). Desarrollo y evaluación de un material adsorbente a partir de residuos orgánicos para la adsorción de Cu<sup>2+</sup> en Soluciones Sintéticas. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- SUMPA. (10 de Abril de 2018). SUMPA. Obtenido de SUMPA: <https://www.sumpasac.com/2018/04/10/los-rios-de-lima-metropolitana-dependencia-y-contaminacion/>
- Tapia Ccallohuanca, J. (2017). Impacto ambiental al recurso hídrico de la cuenca media del río Rímac a consecuencia de la minería, en el distrito de Ricaldo Palma. Lima.
- Tejada Tovar, C., Villabona Ortiz, Á., & Garcés Jaraba, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecnológicas*, 110-123.
- Tejada, C., Herrera, A., & Nuñez, J. (2016). Remoción de plomo por biomasa residual de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y zuro de maíz (*Zea mays*). *Revista U.D.C.A. Actualidad y divulgación científica*, 169-178.
- Tejada, C., Villabona, Á., & Ruiz, V. (2012). Biomasa residual para remoción de mercurio y cadmio. *COLCIENCIAS*, 11-21.
- UNESCO. (11 de Abril de 2016). Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo 2016: Agua y Empleo. Paris . Obtenido de UNESCO: <https://en.unesco.org/themes/water-security>
- UNESCO. (20 de 07 de 2020). Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Obtenido de Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP): <http://www.unesco.org>
- Valles, M., Fuentes, E., & Pons, J. (26 de Noviembre de 2018). Universidad Autónoma Barcelona. Obtenido de Universidad Autónoma Barcelona: <https://www.uab.cat/web/detalle-noticia/el-plomo-un-problema-medioambiental-y-para-la-salud-1345680342040.html?noticiaid=1345777559254>
- Velásquez Bejarano, M. (2018). Contaminación por Plomo y Cobre en el Río Huaycoloro y su influencia en la Calidad del Agua en el Río Rímac. Lima.
- Verdugo, J. (2017). Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina (*Citrus reticulata* var. Clementina). (tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Viades Trejo, J. (2013). Físicoquímica de Alimentos. Ciudad de México.
- Villanueva Huerta, C. (2006). Biosorción de Cobre (II) por biomasa pretratada de cáscara de *Citrus Sinensis* (naranja), *Citrus Limonium* (limón) y *Opuntia Ficus* (palmeta de nopal). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

## ANEXOS

ANEXO n° 1. Recolección del Zuro de *Zea mayz* y la cascara *Citrus limon*





ANEXO n° 2. Lavado y picado de la cáscara *Citrus limon*





ANEXO n° 3. Lavado y picado del zuro de *Zea mayz*



ANEXO n° 4. Acondicionamiento de zuro de *Zea mayz* y la cáscara *Citrus limon*



ANEXO n° 5. Muestras trituradas de zuro de *Zea mayz* y la cáscara *Citrus limon*.





ANEXO n° 6. Tamizado de zuro de *Zea mayz*



Nota: Para saber que tamaño de partículas intervinieron en el proceso de bioadsorción se realizó un análisis granulométrico, la cual se pasó por 7 mallas una porción de la muestra que fue de 600g.

ANEXO n° 7. Análisis fisicoquímicos iniciales de la cáscara de *Citrus limon* y zuro de *Zea mays*



Nota: Para realizar el análisis se preparó el extracto de la cáscara de *Citrus limon*, el cual fue agitado con un equipo rotacional, para luego ser filtrado y realizar las mediciones potenciométricas con el multiparámetro y determinar los parámetros fisicoquímicos iniciales.

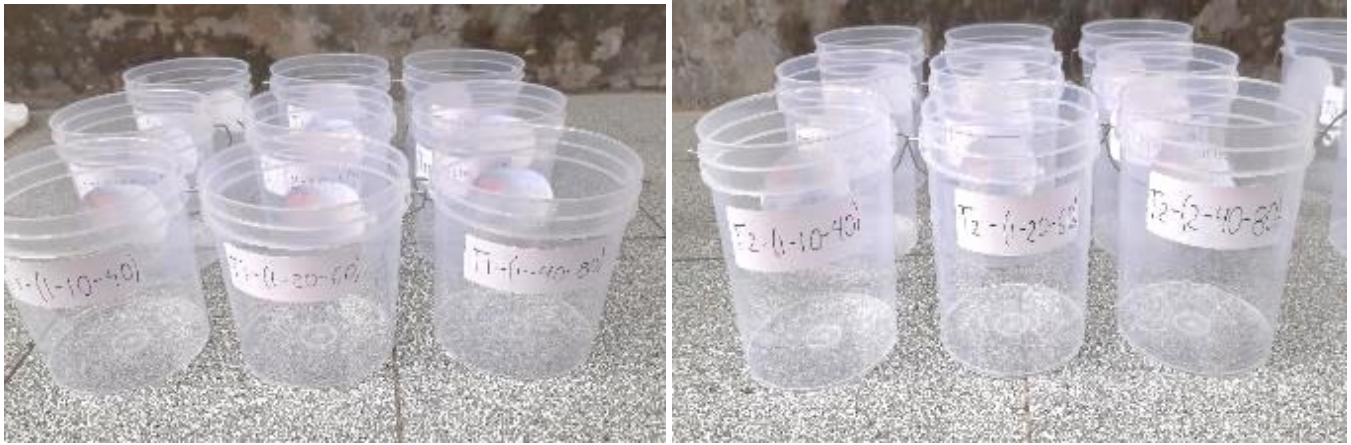


ANEXO n° 8. Secado de zuro de *Zea mayz* y la cáscara *Citrus limon*



Nota: En las imágenes se aprecian el pesado y secado de las muestras para determinar el porcentaje de humedad que poseen cada una de ellas.

ANEXO n° 9. Rotulado de las muestras por tratamiento





ANEXO n° 10. Adición de los bioadsorbentes en sus respectivos envases.







Nota: Se adiciono los bioadsorbentes en cada uno de los recipiente según los 3 diferentes pesos, los cuales fueron repetidos de la misma forma para los tres tratamientos.

ANEXO n° 11. Adición del contaminante en cada una de las muestras



Nota: En las imágenes se puede apreciar la distribución de los 2 litros de contaminante a cada uno de los recipientes, que fueron un total de 27 muestras.



ANEXO n° 12. Solución acuosa con los bioadsorbentes



Nota: Se puede apreciar los tres tratamientos, los cuales fueron agitados para homogenizar la muestra y se dejaron por un tiempo de 2H para el primer tratamiento, 4H para el segundo y 6H para el ultimo tratamiento.

ANEXO n° 13. Operacionalización de variables independiente y dependiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDIDA	
				Potencial de Hidrógeno (pH)	Acido - Base	
Bioadsorción del zuro de <i>Zea mays</i> y cáscara de <i>Citrus limon</i> .	Los bioadsorbentes son materiales naturales inertes que tienen la capacidad de adsorber metales pesados debido a su composición y propiedades que contiene.	El uso del zuro de maíz y cáscara de limón como bioadsorbente involucra la evaluación de su caracterización, la dosis, tamaño de granulometría y el método al cual es sometido.	Caracterización de los bioadsorbentes	Conductividad Eléctrica (CE)	μS/cm	
				Potencial REDOX (Eh)	mv	
				Granulometría	mm	
			Tamaño del zuro de maíz y la cáscara de limón	Dosis óptima de zuro de maíz y cáscara de limón	A	%
					B	%
					C	%

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDIDA
				<p>La reducción del plomo en una solución acuosa</p>	<p>El plomo es un metal pesado que se encuentra de manera natural en la corteza terrestre, su aplicación en muchas partes del mundo ocasiona contaminación al ambiente y su exposición en los seres humanos genera graves problemas de salud. (OMS, 2018)</p>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO <sub>2</sub> /L				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mgO <sub>2</sub> /L				
Sólidos Totales (ST)	mg/L				
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L				
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L				
Turbidez	NTU				
Temperatura (T°)	°C				
Potencial de Hidrógeno (pH)	Acido - base				
Conductividad Eléctrica (CE)	μS/cm				
Potencial REDOX (Eh)	mv				
Concentración del plomo	Cantidad de Plomo	mg/L			
Porcentaje de eficiencia de remoción	$\frac{C_{final} - C_{inicial}}{C_{inicial}} \times 100$	%			

ANEXO n° 14. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
<b>Título:</b> Reducción de la concentración de plomo (II) en una solución acuosa por el método de bioadsorción mediante el uso del zuro de maíz y cáscara de limón.						
<b>Autor:</b> Espinoza Velasco Diana Maria Pia						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente: Bioadsorción mediante zuro de <i>Zea mays</i> y cáscara de <i>Citrus limon</i>			
			DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	<b>Tipo de investigación:</b> Investigación básica, aplicada y tecnológica.  <b>Diseño de Investigación</b> Experimental  <b>Población y muestra</b> <b>Población:</b> Todas las aguas contaminadas con plomo que superan el ECA para agua. <b>Muestra:</b> Solución acuosa preparada a nivel laboratorio.
¿En qué medida la bioadsorción del zuro de maíz y la cáscara de limón influyen en la reducción de la concentración del ion plomo (II) en una solución acuosa?	Evaluar la reducción del ion plomo (II) en una solución acuosa mediante la bioadsorción con zuro de "Zea mayz" y la cáscara de limón.	El método de bioadsorción mediante el uso del zuro de maíz y la cáscara de limón reducen significativamente la concentración del ion plomo (II) en una solución acuosa.	Caracterización de los bioadsorbentes	pH	Acido - Base	
				CE	μS/cm	
				Eh	mv	
			Tamaño del zuro de maíz y la cáscara de limón	Granulometría	mm	
<b>Problema Específico</b>	<b>Objetivo Específico</b>	<b>Hipótesis Específico</b>	Dosis óptima de zuro de maíz y cascara de limón	A	%	
¿Cuáles son las características fisicoquímicas de la solución acuosa con plomo (II) para la bioadsorción del zuro de maíz y cáscara de limón?	Identificar las características fisicoquímicas de la solución acuosa con plomo II para la bioadsorción del zuro de maíz y cáscara de limón pre y post tratamiento.	Las características del zuro de maíz y la cáscara de limón como bioadsorbentes influirán en la reducción del ion plomo II en una solución acuosa.		B	%	
				C	%	
			<b>Variable dependiente:</b> El plomo presente en la solución acuosa			
			DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	
			Caracterización de la solución acuosa	Oxígeno Disuelto (OD)	mgO2/L	
¿Cómo sería la caracterización del zuro de	Determinar la caracterización del zuro de	La caracterización del zuro de maíz y la cáscara de		Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO2/L	

<p>maíz y la cáscara de limón como bioadsorbente para la reducción de la concentración del ion plomo (II) en una solución acuosa?</p>	<p>maíz y la cáscara de limón como bioadsorbente para la reducción de la concentración del ion plomo (II) en una solución acuosa.</p>	<p>limón como bioadsorbentes mejoran la reducción del ion plomo II presente en la solución acuosa.</p>		<p>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)</p>	<p>mgO2/L</p>	
				<p>Sólidos Totales (ST)</p>	<p>mg/L</p>	
				<p>Sólidos Disueltos Totales (SDT)</p>	<p>mg/L</p>	
				<p>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</p>	<p>mg/L</p>	
				<p>Turbidez</p>	<p>NTU</p>	
				<p>Temperatura (T°)</p>	<p>°C</p>	
				<p>Potencial de Hidrógeno (pH)</p>	<p>Acido - base</p>	
				<p>Conductividad Eléctrica (CE)</p>	<p>µS/cm</p>	
				<p>Potencial REDOX (Eh)</p>	<p>mv</p>	
				<p>Oxígeno Disuelto (OD)</p>	<p>mgO2/L</p>	
<p>¿Cómo sería la eficiencia de los bioadsorbentes de zuro de maíz y cascara de limón en la reducción de la concentración de plomo (II) en la solución acuosa?</p>	<p>Evaluar la eficiencia de los bioadsorbentes de zuro de maíz y cáscara de limón en la concentración de plomo (II) en la solución acuosa.</p>	<p>El porcentaje de reducción del ion plomo II presente en la solución acuosa influirá en la categorización de los estándares de la calidad del agua.</p>	<p>Concentración del plomo</p>	<p>Plomo</p>	<p>mg/L</p>	
			<p>Remoción del contaminante</p>	$R = \frac{C_{final} - C_{inicial}}{C_{inicial}} \times 100$	<p>%</p>	



ANEXO n° 15 Resultados del primer tratamiento

Código	Temperatura °C	pH (ácido/ base)	Conductividad eléctrica ( $\mu$ S/cm)	Potencial Redox (mv)	Turbidez (NTU)	Plomo (II) en el agua (mg/L)	Plomo (II) en el zuro (mg/L)	Oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
T2-(1-10-40)	20.70	4.92	2435	205	24.70	1.5289	0.9861	3.385	567.34	1810	499	1311	353
T2-(2-10-40)	20.70	4.89	2440	200	24.69	1.5305	0.9845	3.384	533.97	1805	498	1307	329
T2-(3-10-40)	20.70	4.96	2430	198	24.71	1.5342	0.9808	3.383	552.86	1809	496	1313	342
T2-(1-20-60)	20.70	5.82	1888	159	23.13	1.4914	1.0236	3.445	462.23	1440	488	952	305
T2-(2-20-60)	20.70	5.85	1878	156	23.18	1.4305	1.0845	3.448	455.11	1443	493	950	301
T2-(3-20-60)	20.70	5.88	1866	152	23.15	1.4296	1.0854	3.450	470.42	1444	489	955	300
T2-(1-40-80)	20.70	6.15	1591	125	21.23	1.3917	1.1233	3.666	348.10	1345	454	891	296
T2-(2-40-80)	20.70	6.18	1558	122	21.25	1.3869	1.1281	3.664	333.71	1350	458	892	285
T2-(3-40-80)	20.70	6.19	1563	123	21.30	1.3830	1.1320	3.660	310.89	1354	456	898	290

Donde, pH es potencial de hidrógeno



ANEXO n° 16 Resultados del segundo tratamiento

Código	Temperatura °C	pH (ácido /base)	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Potencial Redox (mv)	Turbidez (NTU)	Plomo (II) en el agua (mg/L)	Plomo (II) en el zuro (mg/L)	Oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
T4-(1-10-40)	21.01	5.45	2085	175	22.36	1.1092	1.4056	4.230	415.23	1420	768	652	256
T4-(2-10-40)	21.01	5.56	2075	173	22.42	1.1101	1.4045	4.238	445.25	1433	798	635	285
T4-(3-10-40)	21.01	5.88	2089	170	22.40	1.1100	1.4050	4.239	450.65	1425	787	638	263
T4-(1-20-60)	21.01	5.95	1924	168	21.30	0.5348	1.9802	4.456	375.66	1251	628	623	210
T4-(2-20-60)	21.01	5.90	1946	169	21.25	0.5340	1.9810	4.475	365.21	1242	609	633	200
T4-(3-20-60)	21.01	5.92	1923	165	21.29	0.5339	1.9808	4.466	370.56	1245	620	625	224
T4 (1-40-80)	21.01	6.20	1580	140	20.78	0.5091	2.0058	4.810	298.56	1151	550	601	198
T4-(2-40-80)	21.01	6.19	1581	142	20.69	0.5130	2.0019	4.821	288.35	1145	555	590	188
T4-(3-40-80)	21.01	6.21	1585	139	20.75	0.5101	2.0047	4.844	270.56	1130	542	588	190

ANEXO n° 17 Resultados del tercer tratamiento

Código	Temperatura °C	pH (ácido/ base)	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Potencial Redox (mv)	Turbidez (NTU)	Plomo (II) en el agua (mg/L)	Plomo (II) en el zuro (mg/L)	Oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
T6-(1-10-40)	19.24	6.48	1120	175	20.11	0.6730	1.8420	5.320	321.11	1110	642	468	192
T6-(2-10-40)	19.24	6.50	1189	173	20.01	0.7105	1.8045	5.452	310.23	1108	686	422	185
T6-(3-10-40)	19.24	6.53	1150	170	20.00	0.6995	1.8155	5.542	300.10	1102	670	432	190
T6-(1-20-60)	19.24	6.35	1245	168	19.89	0.1590	2.3560	6.232	235.45	1100	823	277	165
T6-(2-20-60)	19.24	6.45	1232	169	19.75	0.1296	2.3854	6.365	225.12	1098	854	244	154
T6-(3-20-60)	19.24	6.40	1222	165	19.51	0.1429	2.3721	6.458	205.89	1065	865	200	150
T6-(1-40-80)	19.24	6.78	1145	140	18.56	0.1280	2.3870	6.680	183.12	1056	956	100	140
T6-(2-40-80)	19.24	6.85	1098	142	18.68	0.1196	2.3954	6.548	174.26	1060	964	96	132
T6-(3-40-80)	19.24	6.90	1004	139	18.35	0.1160	2.3990	6.701	145.22	1070	965	105	121

ANEXO n° 18

**FICHA DE CARACTERIZACIÓN DEL ZURO DE MAÍZ Y CÁSCARA DE LIMÓN**

<b>Nombre del Residuo Orgánico:</b>	<i>Zuro de Zea mays</i>	<b>Realizado por:</b>	Diana Maria Pia Espinoza Velasco		
<b>Equipos utilizados:</b>		<b>Observaciones adicionales:</b>			
<b>Códigos de la muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Resultado de los parámetros de medición</b>		
			<b>Potencial de Hidrógeno</b>	<b>Conductividad Eléctrica</b>	<b>Potencial REDOX</b>

<b>Nombre del Residuo Orgánico:</b>	<i>Cáscara de Citrus limon</i>	<b>Realizado por:</b>	Diana Maria Pia Espinoza Velasco		
<b>Equipos utilizados:</b>		<b>Observaciones adicionales:</b>			
<b>Códigos de la muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Resultado de los parámetros de medición</b>		
			<b>Potencial de Hidrógeno</b>	<b>Conductividad Eléctrica</b>	<b>Potencial REDOX</b>

ANEXO n° 19

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN ACUOSA (Pb II)

Realizado por:	Diana Maria Pia Espinoza Velasco				Equipos utilizados:							
Fecha		Hora										
Códigos de la muestra	Resultado de parámetros de medición											
	Parámetros Físico - Químicos											Parámetros Inorgánicos
	Oxígeno Disuelto	Demanda Química de Oxígeno	Demanda Bioquímica de Oxígeno	Solidos Totales	Solidos Disueltos Totales	Solidos Suspendidos Totales	Temperatura	Potencial de Hidrógeno	Conductividad Eléctrica	Potencial Redox	Turbidez	Pb
Unidades de Medida	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	°C	pH	uS/cm	Eh	NTU	mg/L

ANEXO n° 20 Ficha de resultados de los tratamientos



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

Análisis de agua contaminado con plomo

Solicitado por: **DIANA MARIA PIA ESPINOZA VELASCO**

Procedencia de la Muestra: Contaminada en laboratorio

Recepción de la Muestra: 24 / 07 / 2020

Caracterización del agua inicial

Código	Temperatura °C	pH ácido / base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mv	Pb (mg/l)
SAI	21.00	4.35	2543	235	2.5150

Código	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Turbidez NTU
SAI	1452	465	987	25.6

Código	Oxígeno disuelto ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	Demanda química de oxígeno ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	Demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )
SAI	3.216	586.12	362.00

Métodos: Potenciométrico, EPA 3050, Gravimétrico, Winkler

Lima, 27 de Julio del 2020



MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)





## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

### Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

#### Laboratorio de Espectrometría

#### Análisis de los Tratamientos del agua con Pb

Solicitado por: **DIANA MARIA PIA ESPINOZA VELASCO**

Procedencia de la Muestra: Contaminada en laboratorio

Recepción de la Muestra: 24 / 08 / 2020

#### Primer Tratamiento del agua con Pb en 2 horas

Código	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno pH(acido/base)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial Redox mv	Turbidez NTU
T2-(1-10-40)	20.70	4.92	2435	205	24.70
T2-(2-10-40)	20.70	4.89	2440	200	24.69
T2-(3-10-40)	20.70	4.96	2430	198	24.71
T2-(1-20-60)	20.70	5.82	1888	159	23.13
T2-(2-20-60)	20.70	5.85	1878	156	23.18
T2-(3-20-60)	20.70	5.88	1866	152	23.15
T2-(1-40-80)	20.70	6.15	1591	125	21.23
T2-(2-40-80)	20.70	6.18	1558	122	21.25
T2-(3-40-80)	20.70	6.19	1563	123	21.30

Código	Plomo (II) en el agua (mg/L)	Plomo (II) en el zuro (mg/L)	Oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
T2-(1-10-40)	1.5289	0.9861	3.385	567.34
T2-(2-10-40)	1.5305	0.9845	3.384	533.97
T2-(3-10-40)	1.5342	0.9808	3.383	552.86
T2-(1-20-60)	1.4914	1.0236	3.445	462.23
T2-(2-20-60)	1.4305	1.0845	3.448	455.11
T2-(3-20-60)	1.4296	1.0854	3.450	470.42
T2-(1-40-80)	1.3917	1.1233	3.666	348.10
T2-(2-40-80)	1.3869	1.1281	3.664	333.71
T2-(3-40-80)	1.3830	1.1320	3.660	310.89

Método: Potenciométrico, Método: Winkler, Método EPA 3050, Método fotométrico

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



Primer tratamiento del agua con Pb en 2 horas

Código	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
T2-(1-10-40)	1810	499	1311	353
T2-(2-10-40)	1805	498	1307	329
T2-(3-10-40)	1809	496	1313	342
T2-(1-20-60)	1440	488	952	305
T2-(2-20-60)	1443	493	950	301
T2-(3-20-60)	1444	489	955	300
T2-(1-40-80)	1345	454	891	296
T2-(2-40-80)	1350	458	892	285
T2-(3-40-80)	1354	456	898	290

Segundo tratamiento del agua con Pb en 4 horas

Código	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno pH(acido/base)	Conductividad eléctrica μS/cm	Potencial Redox mv	Turbidez NTU
T4-(1-10-40)	21.01	5.45	2085	175	22.36
T4-(2-10-40)	21.01	5.56	2075	173	22.42
T4-(3-10-40)	21.01	5.88	2089	170	22.40
T4-(1-20-60)	21.01	5.95	1924	168	21.30
T4-(2-20-60)	21.01	5.90	1946	169	21.25
T4-(3-20-60)	21.01	5.92	1923	165	21.29
T4-(1-40-80)	21.01	6.20	1580	140	20.78
T4-(2-40-80)	21.01	6.19	1581	142	20.69
T4-(3-40-80)	21.01	6.21	1585	139	20.75

Método: Gravimétrico, Método: Potenciométrico, Método fotométrico

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Segundo tratamiento del agua con Pb en 4 horas

Código	Plomo (II) en el agua (mg/L)	Plomo (II) en el zuro (mg/L)	Oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
T4-(1-10-40)	1.1092	1.4056	4.230	415.23
T4-(2-10-40)	1.1101	1.4045	4.238	445.25
T4-(3-10-40)	1.1100	1.4050	4.239	450.65
T4-(1-20-60)	0.5348	1.9802	4.456	375.66
T4-(2-20-60)	0.5340	1.9810	4.475	365.21
T4-(3-20-60)	0.5339	1.9808	4.466	370.56
T4-(1-40-80)	0.5091	2.0058	4.810	298.56
T4-(2-40-80)	0.5130	2.0019	4.821	288.35
T4-(3-40-80)	0.5101	2.0047	4.844	270.56

Código	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
T4-(1-10-40)	1420	768	652	256
T4-(2-10-40)	1433	798	635	285
T4-(3-10-40)	1425	787	638	263
T4-(1-20-60)	1251	628	623	210
T4-(2-20-60)	1242	609	633	200
T4-(3-20-60)	1245	620	625	224
T4-(1-40-80)	1151	550	601	198
T4-(2-40-80)	1145	555	590	188
T4-(3-40-80)	1130	542	588	190

Método: EPA 3050, Método: Gravimétrico, Método: Winkler

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Tercer tratamiento de agua con Pb en 6 horas

Código	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno pH(acido/base)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial Redox mv	Turbidez NTU
T6-(1-10-40)	19.24	6.48	1120	175	20.11
T6-(2-10-40)	19.24	6.50	1189	173	20.01
T6-(3-10-40)	19.24	6.53	1150	170	20.00
T6-(1-20-60)	19.24	6.35	1245	168	19.89
T6-(2-20-60)	19.24	6.45	1232	169	19.75
T6-(3-20-60)	19.24	6.40	1222	165	19.51
T6-(1-40-80)	19.24	6.78	1145	140	18.56
T6-(2-40-80)	19.24	6.85	1098	142	18.68
T6-(3-40-80)	19.24	6.90	1004	139	18.35

Código	Plomo (II) en el agua (mg/L)	Plomo (II) en el zuro (mg/L)	Oxígeno disuelto (mgO <sub>2</sub> /L)	Demanda química de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
T6-(1-10-40)	0.6730	1.8420	5.320	321.11
T6-(2-10-40)	0.7105	1.8045	5.452	310.23
T6-(3-10-40)	0.6995	1.8155	5.542	300.10
T6-(1-20-60)	0.1590	2.3560	6.232	235.45
T6-(2-20-60)	0.1296	2.3854	6.365	225.12
T6-(3-20-60)	0.1429	2.3721	6.458	205.89
T6-(1-40-80)	0.1280	2.3870	6.680	183.12
T6-(2-40-80)	0.1196	2.3954	6.548	174.26
T6-(3-40-80)	0.1160	2.3990	6.701	145.22

Método: EPA 3050, Método: Gravimétrico, Método: Winkler, método: Fotométrico

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Tercer tratamiento de agua con Pb en 6 horas

Código	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Demanda bioquímica de oxígeno (mgO <sub>2</sub> /L)
T6-(1-10-40)	1110	642	468	192
T6-(2-10-40)	1108	686	422	185
T6-(3-10-40)	1102	670	432	190
T6-(1-20-60)	1100	823	277	165
T6-(2-20-60)	1098	854	244	154
T6-(3-20-60)	1065	865	200	150
T6-(1-40-80)	1056	956	100	140
T6-(2-40-80)	1060	964	96	132
T6-(3-40-80)	1070	965	105	121

Método: gravimétrico, Método: Winkler

Lima, 07 de Agosto del 2020




MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)

