

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental



“EVALUACIÓN DE LA BIOACUMULACIÓN DE PLOMO EN TALLO, HOJAS Y CORONTA DE *Zea mays* EN MUESTRAS SINTÉTICAS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Rosa María Torrel Sevilla

Asesor:

M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis, a mi madre Catalina, por ser esa luz que siempre ha iluminado cada uno de mis pasos, por ayudarme a levantarme cada vez que me rendía, por ser el motivo principal de mi lucha constante; a mi padre Víctor por apoyarme desinteresadamente, por saber aconsejarme, sobre todo guiarme en todo este trayecto, por su amor incondicional y aunque ya no esté a mi lado sé que estará muy orgulloso de este gran logro; A mi hermana Kattia por ser mi gran ejemplo a seguir, brindarme su amor y respaldo incondicional; y a todos mis familiares que supieron inculcarme cada uno de los valores que ahora llevo conmigo y me han hecho ser la persona que soy.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y permitirme sonreír ante todos mis logros que son resultado de su ayuda, a mis padres por regalarme esta gran herencia que es mi educación, por ser mi sustento, mi apoyo incondicional, mi ejemplo de perseverancia y jamás dejarme sola.

A mi asesora M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta por su dedicación y su tiempo para culminar satisfactoriamente con este proyecto.

A José Herrera por ser mi compañero, mi fortaleza, mi apoyo diario, que jamás permitió que me rindiera y estuvo acompañándome en todo este trayecto.

Y en general a mis familiares y amigos por sus palabras de aliento para seguir adelante.

INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	7
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Antecedentes.	14
1.3. Conceptos básicos.	18
1.4. Formulación del problema	24
1.5. Objetivos.....	24
1.5.1 Objetivo general	24
1.5.2 Objetivos específicos	24
1.6 Hipótesis general.....	25
1.6.1 Hipótesis específicas	25
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	26
2.1 Tipo de investigación	26
2.2 Materiales, instrumentos y métodos:.....	26
2.2.1 Material biológico.....	26
2.2.2 Material de campo.	26
2.2.3 Materiales y equipo de laboratorio.	26
2.2.4 Equipos.....	27
2.2.5 Soluciones.....	27
2.2.6 Métodos.....	27
2.2.7 Secado.	27
2.2.8 Triturado y tamizado.....	28
2.2.9 Preparación de la solución:.....	29
2.2.10 Método experimental.	30
2.2.11 Diseño experimental:	32
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	32
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	33
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	38
REFERENCIAS.....	41
ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Taxonomía de la planta de maíz.....	24
<i>Tabla 2.</i> Diseño al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones.....	34
<i>Tabla 3.</i> Parámetros constantes tomados de la muestra madre para el proceso de bioacumulación.....	35
<i>Tabla 4.</i> Obtención de datos de prueba madre.....	35
<i>Tabla 5.</i> Medidas de la bioacumulación de plomo en el filtro para cada prueba de estudio.....	36
<i>Tabla 6.</i> Análisis de varianza (ANOVA) para la absorción de plomo en hoja, coronta y tallo de maíz.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Molino de forraje - Noguiera.	29
<i>Figura 2.</i> Molienda del tallo, hojas y coronta de maíz (<i>Zea mays</i>).....	29
<i>Figura 3.</i> Selección y tamizado de partículas en un tamiz de 800mm.....	29
<i>Figura 4.</i> Tamizado de las partículas de tallo.....	30
<i>Figura 5.</i> Tamizado de partículas en un tamiz de 200mm.....	30
<i>Figura 6.</i> Material para realizar la preparación de la solución.....	30
<i>Figura 7.</i> Preparación de la solución.....	31
<i>Figura 8.</i> Armado del equipo de laboratorio a utilizar.....	32

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1.</i> Porcentaje de remoción.....	31
<i>Ecuación 2.</i> Capacidad de bioacumulación.....	32

RESUMEN

La contaminación de nuestro recurso hídrico sigue siendo un grave problema ya que los efectos son irreversibles, por lo que es considerado un tema de investigación con gran impacto social. El presente proyecto tuvo como objetivo determinar el porcentaje de bioacumulación de plomo que absorbe el tallo, hojas y coronta del maíz (*Zea mays*) en soluciones acuosas, realizando así 7 pruebas mediante el proceso de bioacumulación en columnas de lecho fijo, con un diseño completamente aleatorizado, bajo un arreglo factorial de 3x3, teniendo como constantes distintos parámetros los cuales se adquirieron al realizar una prueba con la solución madre. Obteniendo como resultado que el tallo, hojas y coronta de maíz absorbe el 99.9%, demostrando que es un gran bioacumulador de plomo, así mismo, es una alternativa de solución muy rentable porque podemos encontrar este recurso en abundancia y económicamente bajo en comparación con otros métodos.

Palabras clave: Bioacumulación, absorción, plomo, metales pesados.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La contaminación de los recursos hídricos es un problema que va aumentando constantemente sin obtener una solución adecuada, causando así un conflicto a nivel mundial. Los metales pesados presentes en aguas industriales de desecho constituyen un problema ambiental de gran magnitud en razón de su elevada toxicidad para los organismos vivos. La posibilidad de desarrollar métodos de remoción de estos contaminantes resulta particularmente atractiva al tomar como punto de partida el uso de materias primas de bajo costo, que de otra forma pueden ser consideradas como residuos sin utilidad. Dentro de esta categoría se hallan los desechos vegetales provenientes de actividades domésticas o agroindustriales (Larenas, Andrango, & Inga, 2018).

El gran problema que se está dando en la actualidad, por el inadecuado manejo del agua, es ambiental y político. La escasez del agua fomenta al hombre a estudiar e investigar técnicas para combatir este problema dando alternativas de solución, pero sobre todo creando conciencia para no continuar contaminando el agua, debido a que los costos para lograr un debido tratamiento son elevados. Son muchas las causas de la contaminación del agua, hace referencia que algunas de ellas son: el crecimiento demográfico, parte de la erosión acelerada del suelo, limpieza doméstica e industrial, residuos no tratados de industrias y productos químicos utilizados en la agricultura. (Prieto F. , 2014)

Por lo tanto, encontramos que uno de los ecosistemas acuáticos más vulnerables son los humedales alto andinos debido a la contaminación por metales pesados. El estudio fue realizado en las lagunas de Yanamate y Quiulacocha (región Pasco), Ticticocha y Yuracmayo (región Lima), en el centro del Perú. En *Calamagrostis rígida* y en *Myriophyllum quitense*, se encontró una mayor acumulación de metales pesados en los tejidos de las raíces que en la biomasa aérea, por consiguiente, estas especies serían consideradas como fitoestabilizadoras de metales pesados. La mayor acumulación de cadmio ($7,93 \text{ mg kg}^{-1}$ materia seca) fue obtenida en las raíces de *C. rígida* procedente de la laguna Yuracmayo. Una mayor acumulación de cobre ($96,43 \text{ mg kg}^{-1}$ MS) fue registrada en *C. rígida* de la laguna Quiulacocha. La mayor concentración de plomo ($160,15 \text{ mg kg}^{-1}$ MS) y de zinc ($597,40 \text{ mg kg}^{-1}$ MS) fueron obtenidos en las raíces de *C. rígida* de la laguna Yanamate. Las concentraciones de cadmio, cobre, plomo y zinc en el agua y en los sedimentos de las lagunas superaron ampliamente los estándares ambientales nacionales de calidad de agua. (Enoc J, 2017)

La población de América Latina se encuentra concentrada en ciudades en más de un 80%; sin embargo, la provisión de agua es insuficiente. Además, el 70% de las aguas residuales no tienen tratamiento, lo cual dificulta alcanzar el ciclo del agua, particularmente por el reusó del agua debido a su contaminación. En Perú, solamente se ha ejecutado el 30% de la inversión pública en tratamiento de agua, de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006-2015. La contaminación del agua ocurre a niveles primario, secundario y terciario de las fuentes de agua. Las sustancias que contaminan el agua son orgánicas e inorgánicas. En todos los casos, la contaminación del agua pone a la Salud Pública en peligro, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (Salud, 2018).

Una preocupación es la contaminación del agua, que proviene de la presencia de altos niveles de arsénico inorgánico, plomo y cadmio por las consecuencias negativas tales como cáncer, diabetes mellitus, y enfermedades cardiovasculares. En el caso de los distritos de Lima, La Oroya y Juliaca, el rango de la concentración de arsénico inorgánico fue de 13 a 193 mg/l para las aguas subterráneas y superficiales, más alto que el límite de 10 mg/l según lo recomendado por la OMS. (Larios F, 2015)

La presencia en un alto porcentaje de metales pesados como: el plomo, mercurio, cadmio, arsénico entre otros, en el ambiente contribuye en aumentar los índices de la problemática mencionada. Así mismo en diferentes regiones de Colombia son frecuente los reportes de metales pesados asociados a la industria, producción agrícola y minería así: mercurio en fuentes de agua, quebradas, lagunas de Meta, Boyacá, Antioquia. Arsénico en cultivos de hortalizas y legumbres en Nariño, diversos vegetales y aguas contaminadas con plomo y mercurio en el Chocó, uso indiscriminado de cientos de toneladas de mercurio y cianuro en explotación minera, especialmente de oro en el Nordeste y Bajo Cauca (Antioqueño), Marmato (Caldas) y en más de 500 minas en todo el país. Otros países reportan presencia de metales pesados en peces y camarones en Indonesia, Japón, México y Chile, cerdo contaminado con plomo proveniente de Australia, salmón fresco con niveles peligrosos de plomo y cadmio en Noruega y Rusia reporta materias primas para fabricación de alimentos contaminados con zinc provenientes de China. Por otra parte, recientes estudios informan que hoy en día tenemos de 400 a 1.000 veces más plomo en los huesos que hace 400 años, debido a la presencia de este metal en alimentos y productos industriales. (González, 2016)

El plomo tiene graves efectos en diferentes órganos y en el cerebro afecta el desarrollo y capacidad mental de los niños. No obstante, es importante considerar que los seres vivos requieren pequeñas cantidades de estos metales, por ejemplo (cobre, zinc, hierro, etc.) para varias funciones biológicas. Sin embargo, una escasa o excesiva concentración de éstos pueden alterar procesos bioquímicos y/o fisiológicos en el organismo. Y realmente lo que hace tóxico a los metales pesados no son sólo sus características químicas, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y más importante aún, el tipo de compuesto o metabolito que forman. Por ello, los métodos convencionales utilizados para la remoción de Pb y otros metales pesados son: filtración con membrana, precipitación química, intercambio iónico y adsorción con carbón activado; esta tecnología muchas veces resulta no ser utilizadas por el alto costo de operación. (Jiménez, Lavado, & Bendezú, 2015).

El plomo puede afectar principalmente el sistema nervioso central, órganos como el riñón y el hígado (Salud, 2018). Este problema ha llevado al desarrollo de tratamientos alternos para remover metales pesados de estos efluentes, tales como la fitorremediación, humedales artificiales y la biosorción, siendo estas tecnologías amigables con el medio ambiente. (Boada, 2015)

Es por ello que encontramos otros métodos convencionales utilizados para la remoción de plomo de aguas residuales como: filtración con membrana, precipitación química e intercambio iónico, estas tecnologías muchas veces resultan no ser utilizadas por el alto costo de operación. La biosorción se presenta como un método atractivo debido a las ventajas que presenta, como bajo costo, ya que, generalmente se emplea biomasa sin aplicación industrial como restos orgánicos industriales y desechos agrícolas; asimismo,

el material puede regenerarse, se puede retener el metal en presencia de otros cationes y es de fácil operación. Estudios recientes muestran óptimos resultados cuando el material (biomasa) presenta componentes estructurales como proteínas, polisacáridos o nucleótidos con diversos grupos funcionales como carbonilos, carboxilos, hidroxilos y grupos aminos o amidas; estos grupos tienen la capacidad de enlazar con los iones disueltos en la solución por atracción electrostática. Los materiales lignocelulósicos contienen uno o más de los grupos mencionados, donde la capacidad de interacción de estos con los iones depende del pH, temperatura, fuerza iónica del medio, características químicas del metal, así como la capacidad adsorbente, la cual, a su vez, depende de la especie periodo estival y zona geográfica. (Lavado & Oré, 2017)

La modificación de la biomasa, ya sea química o física, busca incrementar el área superficial específica (entre el material adsorbente y el ion y/o entre el número de cargas y actividad de los grupos enlazantes) y de esta manera darle un valor agregado a la biomasa. El marlo de maíz (*Zea mays*) es un material lignocelulósico de desecho que se encuentra en abundancia en la región Junín, en Perú, por lo que se plantea la posibilidad de usarlo como sorbente. (Vizcaíno & Fuentes, 2015)

El término biosorción se refiere a la captación de compuestos por medio de una biomasa muerta, a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico, involucrando una fase sólida (biosorbente) y una fase líquida (disolvente) que contiene las especies que van a ser biosorbidas. (Cabrera, 2018).

1.2. Antecedentes.

Por lo tanto, hay distintas investigaciones donde aplican técnicas similares como, la cáscara de naranja pretratada para la biosorción de Pb (II). El pretratamiento del material biosorbente se llevó a cabo mediante la reticulación con una solución 0.2M de cloruro de calcio. El material tratado fue secado en una estufa a la temperatura de 40 °C por 24 h. El tamaño de partícula es de 180 – 250 μm . Se encontró que el rango óptimo de pH para el proceso de biosorción se encontraba entre 4.5 - 5, por lo que se determinó que el equilibrio se alcanzó a las 4 horas del inicio del proceso de biosorción logrando un porcentaje de remoción de Pb (II) del 40 %. Los resultados de los experimentos en batch se procesaron con la ayuda de las ecuaciones de Langmuir y Freundlich. La máxima capacidad de biosorción de Pb (II) por la cáscara de naranja pretratada (q máximo) fue de 141.05 mg/g (Muñoz, 2007). Del mismo modo, se utilizó la corteza de pino como biosorbente para la eliminación de cobre en columna de lecho fijo, diseñando una columna de relleno encamisada de 23 cm de altura y 1,5 cm de diámetro interno y luego analizaron la influencia de tres parámetros de operación como: caudal de alimentación de la columna, concentración inicial del metal y la altura de relleno, manteniendo los parámetros de pH (5), temperatura (25 °C), tiempo de contacto (260 min) constantes. Los resultados mostraron un valor máximo para la capacidad de biosorción de 17,46 mg/g, en unas condiciones de operación de 100 mg/L de concentración inicial de Cu (II), un caudal de 6 ml/min y una altura de relleno de 4,4 cm. Sin embargo, el valor máximo del porcentaje de cobre retirado, se obtuvo para unas condiciones de operación de 40 mg/L de concentración inicial de Cu (II), un caudal de 2 ml/min y una altura de relleno de 13,4 cm. El modelo Dosis-Respuesta es el que mejor reproduce la curva de ruptura completa

(Calero, Blazquez, & Hernainz, 2012). Igualmente, se realizaron experimentos sobre la biosorción de Pb (II) y Zn (II) por biomasa de cáscara de naranjas secas, trituradas, con y sin tratamiento de reticulación, llegando a evaluar así la capacidad de biosorción de la cáscara de naranja y el porcentaje de remoción de dichos metales. Variaron 7 parámetros fisicoquímicos (pH, tamaño de partícula de la biomasa, concentración del contaminante, cantidad de la biomasa, temperatura, tiempo de contacto y tipo de tratamiento) asignando dos valores a cada uno: alto y bajo. finalmente se encontraron que para el Pb (II) sus parámetros deberían ser :el pH 5, tamaño de partícula 0.4 mm, concentración del metal 80 ppm, cantidad de cáscaras de naranja 0.5 g, tiempo de contacto 2 h, T 50 °C y una biomasa con reticulación, ya que se mostró el mejor porcentaje de remoción el cual fue de un 99.5 % y del mismo modo se pudo verificar el mejor porcentaje de remoción de Zn (II) el cual también fue de un 99.5 %. Por otro lado de la cáscara de naranja y el porcentaje de remoción de dichos metales. Variaron 7 parámetros fisicoquímicos (pH, tamaño de partícula de la biomasa, concentración del contaminante, cantidad de la biomasa, temperatura, tiempo de contacto y tipo de tratamiento) asignando dos valores cada uno: alto y bajo. De los experimentos realizados se encontraron que para el Pb (II) (pH 5, tamaño de 5 partícula 0.4 mm, concentración del metal 80 ppm, cantidad de cáscaras de naranja 0.5 g, tiempo de contacto 2 h, T 50 °C, biomasa con reticulación) se mostró el mejor porcentaje de remoción con una capacidad de 9.39 mg de Pb (II) / g de cáscara de naranja (Cardona, Cabañas, & Zepeda, 2013). Así mismo, encontramos una investigación donde se utilizó el tanino de la cáscara de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) para la biosorción del Pb (II), la misma que fue tratada con ácido clorhídrico, para dar una mayor estabilidad mecánica al material bioadsorbente. Los modelos utilizados de Langmuir y Freundlich se ajustaron positivamente para describir las isothermas de

biosorción del sistema (0,97 y 0,98 respectivamente). El porcentaje de iones Pb (II) en el agua superficial del río sobre la cáscara de tarwi activados fueron de un pH de 5,5; una masa de 0,1 g y un tiempo de 60 min, utilizando el método complexométrico se obtuvo una remoción del 96,021 % y por el método ICP-Plasma se obtuvo el 100 % de remoción en la muestra real C_i (Concentración inicial), que fue de 162 mg/L y C_f (Concentración final), fue de cero, lo que indica que la remoción fue del 100 % (Albarracin, 2014). Del mismo modo, encontramos un sistema para evaluar la remoción de los metales pesados Cd, Pb y Zn; empleando biomasa de algas rojas, maíz y tuna guajira; estudiando la influencia del pretratamiento (emplearon soluciones de sodio y calcio) y el empaquetamiento mediante ensayos tipo Batch. La eficiencia de remoción la determinaron mediante un reactor de flujo continuo de columna fija de 6.5 cm de diámetro y 42.5 cm de longitud, con un volumen líquido de 400 ml, 75 g de biomasa y tiempos de retención promedio de 1 y 2 h. La mayor capacidad de sorción se obtuvo de las algas modificadas con NaOH 0.1 N y del maíz y la tuna con modificación sucesiva con NaOH y cloruro de calcio 0.2 M, y una afección poco significativa ($\leq 1\%$) del proceso de sorción al empacar la biomasa en placas planas de tul poliéster. Los tres biosorbentes mostraron una eficiencia similar para remover Cd y Pb, con promedios superiores al 95%, mientras que el Zn se removió con mejor eficiencia (62%) al emplear tuna modificada como sorbente (Vizcaíno & Fuentes, 2015). Del mismo modo, se encontró la comparación del uso de biomasa residual a partir de cáscara de naranja y zuro de maíz para la remoción de plomo, variaron el tamaño de partícula y pH. Vimos que las biomásas presentaron mayor capacidad de adsorción a condiciones de tamaño de partícula de 0,5 mm, para el zuro de maíz y 1 mm, en la cáscara de naranja, a un pH de 6, con valores de remoción de 67,5 % y 99,2 %, respectivamente. Utilizándose así diferentes modelos para describir la cinética

de adsorción de Pb (II), siendo el de mayor ajuste el modelo de pseudo primer orden (Tejada, Herrera, & Nuñez, 2016); por otro lado, el modelo de isoterma que se ajustó mejor a los resultados obtenidos fue donde estudiaron el proceso de bioadsorción para la eliminación de metales pesados: Pb(II) y Fe, presentes en efluentes del laboratorio químico de Southern Perú, haciendo uso del maíz. El proceso de bioacumulación lo evaluaron en sistemas por lote, en función del pH, fuerza iónica, temperatura, concentración inicial de cada metal, tipo de tratamiento para el bioadsorbente, tamaño de partícula. Determinando así que el pH óptimo para la remoción de ambos metales fue de 5, para muestras sintéticas y 6 para muestras reales, el tamaño de partícula del bioadsorbente de 0.8 mm, tiempo de contacto 4 h y que, al aumentar la fuerza iónica y la temperatura, la capacidad adsorbente y porcentaje de remoción (% R) aumentan. Además, que el bioadsorbente tratado tubo mejores resultados; la capacidad adsorbente sin tratamiento de biomasa obtenido para el plomo fue: 0.222 mg/g y para el Fe: 1.38 mg/g y con tratamiento de biomasa fue: 0.49 mg/g para el Pb y 1.65 mg/g para el Fe y el porcentaje de remoción (% R) obtenido para el plomo fue: 86.49 % y para el Fe: 97.73 %. Determinaron también una velocidad de adsorción de 0.145 ppm/min para el Pb y 11.39 ppm/h para el Fe (Calero M, 2014).

Finalmente esta investigación tiene como objetivo determinar el porcentaje de Bioacumulación de plomo en tallo, hojas y coronta de maíz (*Zea mays*) en soluciones acuosas, mediante un tratamiento donde se pueda retener la presencia de dicho metal mediante un material disolvente, el cual vendría a ser el maíz; ya que, es de fácil manejo y de bajo costo, siendo también un recurso natural de relativa abundancia en la región de Cajamarca, un espacio geográfico de marcada importancia minera, actividad antropogénica generadora de metales pesados, entre los cuales destaca el plomo, el cual

se encuentra a un nivel considerable de exposición humana generando graves problemas de salud pública, por lo que su eliminación es de interés prioritario frente a otros metales presentes en soluciones acuosas.

Es por eso que tenemos la finalidad de determinar la capacidad biosorbente y el porcentaje de remoción del plomo, realizando los analices para precisar la concentración del metal en un laboratorio acreditado, sometiendo así los resultados a un análisis de varianza.

1.3. Conceptos básicos.

Por ello es necesario dar a conocer algunas definiciones como:

- a. **Bioacumulación:** cantidad total de un contaminante, que es absorbida y retenida por los organismos. Es el resultado de la asimilación por diferentes medios (agua, aire, sólidos) y los procesos de pérdida (Newman, 2014).
- b. **Contaminación:** presencia de una sustancia en el ambiente que, debido a su composición química o cantidad, puede alterar el funcionamiento normal de los procesos naturales. En general, cualquier alteración al ambiente causada por actividades antropogénicas (Newman, 2014)
- c. **Contaminante:** sustancia que se encuentra en el ambiente, al menos en parte como resultado de actividades humanas y que tiene efectos perjudiciales en los organismos (Newman, 2014)
- d. **Biosorción:** es el proceso de eliminación de sustancias a partir de soluciones mediante materiales biológicos orgánicos e inorgánicos, así como en sus formas solubles. La biosorción se puede definir como la captación de metales por medio de una biomasa completa (viva o muerta), a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción

o el intercambio iónico. La biosorción implica una fase sólida (sorbente) y una fase líquida (solvente, que es normalmente el agua) que contiene las especies disueltas que van a ser sorbidas (sorbato, iones metálicos) (Haydeé, 2017).

Los fenómenos de biosorción se caracterizan por la retención del metal mediante una interacción fisicoquímica del metal con ligandos expuestos hacia el exterior de la célula pertenecientes a partes de moléculas componentes de las paredes celulares como por ejemplo los grupos funcionales carboxilo, amino, hidroxilo, fosfato, sulfhídrico, entre otros.

- e. **Límite permisible:** límites legales de un componente (concentración máxima o intensidad máxima) permitidos en una fuente de alimento humana. Corresponden a valores que se estima no causarán efectos nocivos a la salud de los consumidores (Newman, 2014).
- f. **Biosorbentes:** Los materiales biosorbentes independiente de su fuente han demostrado buena eficacia para la eliminación de metales; estos biosorbentes son: microorganismo como bacterias, hongos, levaduras, algas, subproductos agrícolas como cáscara de arroz, salvado de arroz, trigo, bagazo de caña de azúcar, residuos de frutas, malas hierbas, etc., y otros materiales de polisacáridos son biosorbentes (Calero M, 2014). Los biosorbentes se caracterizan principalmente por su estructura química y los grupos funcionales presentes en ellos (amino, carboxilo, sulfato, amido, hidroxilo, entre otros) los que podrían atrapar iones metálicos (Haydeé, 2017).
- g. **Mecanismo de biosorción de metales:** Los estudios de adsorción y desorción son esenciales para la comprensión del proceso de biosorción y sirven como base para las consideraciones estequiométricas cuantitativas que constituyen la base para el modelado matemático del proceso. Los mecanismos de unión a metales son activos

en su captación por biosorción. Entre estos 8 se tiene: la Quimisorción por intercambio iónico, coordinación o quelación; y la Adsorción física y microprecipitación. También hay posibles reacciones de reducción de la oxidación que tienen lugar en el biosorbente. Sin embargo, debido a la complejidad de los biomateriales utilizados, es posible que al menos algunos de estos mecanismos actúen simultáneamente en diversos grados dependiendo del biosorbente y del entorno de la solución. Estudios más recientes con biomasa de hongos y algas en particular han indicado un papel dominante de la unión de metales de intercambio iónico. De hecho, los materiales de biomasa ofrecen numerosos grupos moleculares que se sabe que ofrecen sitios de intercambio iónico, carboxilo, sulfato, fosfato y amina, que podrían ser los principales. Cuando los mecanismos de interacción metal-biomasa se comprenden razonablemente, el trabajo puede comenzar a optimizar el proceso de biosorción a nivel molecular. Eso podría incluir incluso la manipulación de la selectividad para metales particulares de interés (Volesky & Holan, 2011).

- h. Tamaño de partícula:** el tamaño de partícula del bioadsorbente afecta a la capacidad de adsorción como a la velocidad de la reacción. La existencia de un mayor número de centros activos disponibles para la reacción y la mayor facilidad con que el adsorbato puede acceder a ellos, con una menor limitación a la difusión en el interior de los poros, son las causas del aumento de la capacidad de retención con la disminución del tamaño de partícula (Izquierdo, 2010).
- i. pH de la disolución:** Parece ser el parámetro más importante en el proceso de biosorción, afecta la química de la solución de los metales, la actividad de los grupos funcionales y la competencia de biomasa de los iones metálicos. (Prieto F. , 2014).

- j. Temperatura:** La temperatura no influye en los procesos de biosorción en el intervalo de 20 °C – 35 °C (Das, Vimala, & Karthika, 2008).
- k. Biosorción en continuo:** columna de lecho fijo De acuerdo a Kratochvil y Volesky (1998) las columnas de adsorción son los dispositivos más eficaces para la eliminación continua de metales pesados. El sistema más empleado para el estudio de biosorción en continuo ha sido el de lecho fijo, en el cual las partículas del biosorbente permiten el paso del fluido de forma tortuosa sin separarse unas de otras, haciendo que la altura del lecho y, en consecuencia, su porosidad se mantenga constantes (Vizcaíno & Fuentes, 2015).
- l. Diseño de columnas de lechos empacados:** El sistema de lecho fijo consiste en una columna en el cual se deposita en su interior el biosorbente granulado como un lecho, que normalmente no se mueve; el líquido atraviesa la columna en sentido ascendente o descendente. El tamaño del granulado del biosorbente debe ser adecuado para evitar una presión excesiva a lo largo de la columna, si bien hay que tener en cuenta que partículas demasiado grandes provocan un descenso en la superficie útil del biosorbente, haciendo que la difusión intra particular se vea limitada (Kurma, 2013).
- m. Metales pesados:** La presencia de los metales en el ambiente se puede dar por dos tipos de vías natural y antropogénica; estos se movilizan en matrices de agua, suelo y aire (González, 2016) Se considera que la principal fuente natural de metales pesados en el medioambiente son las rocas y los suelos. Otras fuentes naturales de metales pesados en el medioambiente ocurren a través de los aportes atmosféricos, como las erupciones volcánicas. Las principales fuentes antropogénicas son las actividades agrícolas, en las que se utilizan ampliamente los fertilizantes, abonos de animales y plaguicidas que contienen metales pesados; las actividades metalúrgicas, en las que

se incluyen la minería, la fundición, el acabado metálico y otros; la energía tanto en su producción como en su transporte; los productos microelectrónicos; y, por último, la deposición de residuos (Vicente, 2010).

Los metales pesados (por ejemplo, plomo, cobre, cadmio, cinc, cromo, etc.) tienen un alto índice de toxicidad y son no biodegradables (Volesky & Holan, 2011).

n. Plomo: El plomo se puede hallar en forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones que son encontradas son debido a las actividades antrópicas y las industrias. Este metal no es biodegradable por lo que se acumula en los cuerpos de organismos acuáticos y terrestres, generando varios daños por envenenamiento (Samaniego, 2016). Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública (Salud, 2018).

o. Fuentes de contaminación por plomo: Según la (Salud, 2018) entre las principales fuentes de contaminación ambiental por plomo destacan: la minería, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje y, en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo. Más de tres cuartos partes del consumo mundial de plomo corresponden a la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor. También puede contener plomo el agua potable canalizada a través de tuberías de plomo o con soldadura a base de este metal. En la actualidad, buena parte del plomo comercializado en los mercados mundiales se obtiene por medio del reciclaje.

p. Maíz (*Zea mays*): es una gramínea anual originaria y domesticada por los pueblos indígenas en el centro de México desde hace unos 10 000 años, e introducida en Europa en el siglo XVII. Los indígenas taínos del Caribe denominaban a esta planta maíz, que significa literalmente ‘lo que sustenta la vida. Actualmente, es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial, superando incluso al trigo y al arroz. (Morand, 2020)

Tabla 1.

Taxonomía de la planta de maíz.

Reino	Plantae
Subdivisión	Mgnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Genero	<i>Zea</i>

En su descripción, la raíz, tiene dos tipos, las primarias son fibrosas, presentando además raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta, sin embargo, por su gran masa de raíces superficiales, es susceptible a la sequía, intolerancia a suelos deficientes en nutrientes, y a caídas de grandes vientos (acame).

El tallo, está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una pared por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares. (Morand, 2020)

Las hojas, toman una forma alargada íntimamente arrollada al tallo, del cual nacen las espigas o mazorcas. Cada mazorca consiste en un tronco u olote que está cubierta por filas de granos, la parte comestible de la planta. El grano de maíz es un fruto pequeño, seco, en caripsis y contiene un solo cotiledón. (Morand, 2020)

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es la capacidad de Bioacumulación de plomo en el tallo, hojas y coronta de maíz (*Zea mays*) en muestras sintéticas?

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Determinar la capacidad de Bioacumulación de plomo en el tallo, hojas y coronta de maíz (*Zea mays*) en muestras sintéticas.

1.5.2 Objetivos específicos

Evaluar la concentración de plomo en la solución inicial.

Determinar el pH y tiempo de residencia más eficaz para la absorción de Plomo.

Evaluación de la concentración de plomo en la solución tratada.

1.6 Hipótesis general

La planta de maíz (*Zea mays*) ya triturada y compactada tiene una capacidad bioacumuladora del 100% de plomo en una solución acuosa.

1.6.1 Hipótesis específicas

La concentración de plomo en diversas muestras es menor al 50 % después de una hora de filtrado.

La solución madre determina a un 100% el pH y tiempo de residencia más eficaz para la absorción de plomo en cada muestra.

La solución tratada arroja un 100% de pureza, indicando que el metal fue eliminado completamente.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

Por el diseño del proyecto, se trata de una investigación experimental pura, con un enfoque cuantitativo, alcance correlacional ya que se realizará la manipulación deliberada de las variables a nivel de laboratorio.

2.2 Materiales, instrumentos y métodos:

2.2.1 Material biológico.

Se utilizó un tipo de material biológico para las pruebas de bioacumulación.

- a. Tallo, hojas y coronta de maíz (*Zea mays*).

2.2.2 Material de campo.

- a. Cámara fotográfica.
- b. Cuaderno de apuntes.

2.2.3 Materiales y equipo de laboratorio.

- a. Matraces Erlenmeyer.
- b. Pipetas volumétricas.
- c. Placas Petri.
- d. Vasos de precipitado.
- e. Probetas graduadas.
- f. Tamices ASTM de 200 y 800mm.
- g. Cinta de pH.
- h. Termómetro de mercurio.
- i. Mangueras de silicona.
- j. Ficha de colección y envío de muestra a laboratorio.

2.2.4 Equipos.

- a. Balanza analítica.
- b. Molino manual.
- c. Molino de forraje- Noguiera.
- d. Bomba peristáltica.
- e. Estufa para secado.
- f. pH metro.

2.2.5 Soluciones.

- a. Nitrato de plomo 100ppm.
- b. Hidróxido de sodio 0.1 N.
- c. Ácido clorhídrico 0.1 N

2.2.6 Métodos.

a. Preparación de bioacumuladores.

Selección. Se selecciono los tallos, hojas y corontas del maíz (*Zea mays*) que se encuentren secos. Considerándose aquellos que tenían las mejores condiciones morfológicas y sanitarias.

Lavado. Fueron lavadas con agua destilada para eliminar residuos e impurezas.

2.2.7 Secado.

El secado se llevó a cabo en dos etapas:

1. Deshidratación al sol, para eliminar la mayor cantidad de humedad posible sin requerir de suministro de energía.
2. Secado a estufa a 60° C para remover el resto de la humedad, hasta obtener el peso constante.

2.2.8 Triturado y tamizado.

Se efectuó en dos etapas:

1. Se trituraron las biomásas utilizando un molino de forraje-Noguiera para reducir al máximo el tamaño de partículas.



Figura 1. Molino de forraje - Noguiera.



Figura 2. Molienda del tallo, hojas y coronta de maíz (*Zea mays*).

2. Tamizado de las biomásas.



Figura 3. Selección y tamizado de partículas en un tamiz de 800mm.



Figura 4. Tamizado de las partículas de tallo.



Figura 5. Tamizado de partículas en un tamiz de 200mm.

2.2.9 Preparación de la solución:

Se preparo una solución de Nitrato de plomo a 100 ppm de concentración, teniendo también una muestra madre con una concentración de 0 ppm, utilizando agua destilada como solvente. El pH fue regulado a un valor de 5 utilizando alícuotas de ácido clorhídrico 0.1N e hidróxido de sodio 0.1 N.



Figura 6. Material para realizar la preparación de la solución.



Figura 7. Preparación de la solución.

2.2.10 Método experimental.

- a. El procedimiento para llevar a cabo los experimentos de bioacumulación se realizó mediante un sistema continuo con una sola columna. Para lo cual se diseñó una instalación con un tanque de 10 L de capacidad, una bomba peristáltica y una columna de 50 g de los bioacumuladores compactados con un flujo ascendente. En base a las recomendaciones de (Vizcaíno & Fuentes, 2015). La columna de lecho fijo se construyó manualmente en el laboratorio.
- b. Se realizaron 7 muestras en total, dos del tallo, dos de las hojas, dos de la coronta del maíz y una muestra madre, las cuales se pusieron en un rango de dos horas para determinar la concentración del filtro.
- c. Para la optimización del proceso de bioacumulación en columna de lecho fijo se mantuvieron constantes los parámetros como pH (no se reguló ya que se utilizó el pH normal del agua destilada), temperatura, concentración (50g) y tamaño de partículas de biomásas, los cuales fueron obtenidos al realizar una prueba con la solución madre.
- d. En la columna se colocó 50g de biomasa compactada.

- e. Tiempo de exposición, 2 horas, transcurrido ese tiempo se determinó las concentraciones finales del metal en el agua filtrada, para lo cual se tomó las muestras representativas y se las envió al laboratorio de análisis de la Molina (Agraria-Lima) para su análisis correspondiente.
- f. Al concluir y obtener los resultados lo que se puede hacer con las biomásas es mandarlas a las fábricas de cemento para incluir esos desechos en la obtención de este producto, así mismo se podría fabricar ladrillos de construcción, etc.



Figura 8. Armado del equipo de laboratorio a utilizar.

2.2.11 Diseño experimental:

Se uso un diseño completamente randomizado bajo arreglo factorial de 3 x 3 y dos repeticiones por hojas, tallo y coronta de maíz.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La herramienta que se utilizó para la toma de datos fueron los resultados finales obtenidos de las muestras enviadas al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina- Lima.

Y para la observación de datos utilizamos un análisis de varianza mediante el cual pudimos obtener el porcentaje de bioacumulación de plomo en el maíz, así mismo se aplicaron diversas tablas para explicar mejor los resultados obtenidos.

2.4. Aspectos Éticos:

Es importante resaltar que en la presente investigación se están considerando los aspectos éticos pertinentes en cuanto a la citación adecuada de fuentes utilizando las normas del manual de redacción de UPN, en ese sentido se presentarán datos fidedignos, confiables y ajustados a la investigación de campo.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Se obtuvieron diversos resultados los cuales serán mostrados seguidamente mediante figuras, tablas y ecuaciones, las cuales fueron elaboradas al obtener los datos finales del laboratorio de la Agraria- Lima.

3.1 Muestra del diseño para la toma de pruebas.

Tabla 2.

Diseño al azar con 3 tratamientos y 2 repeticiones por cada tratamiento.

GRUPOS SUJETOS	CONDICIÓN EXPERIMENTAL	PRUEBA 1 MUESTRA MADRE	PRUEBA 2 CON 100PPM DE PLOMO
Rg1	Coronta1	C1	C1
Rg2	Coronta 2	C2	C2
Rg3	Hojas1	H1	H1
Rg4	Hoja 2	H2	H2
Rg5	Tallo 1	T1	T1
Rg6	Tallo 2	T2	T2

Técnica de análisis de datos (análisis de varianza), se realiza con una prueba de rango múltiple de Tuckey.

3.2 Presentación de parámetros base para la optimización del proceso de bioacumulación.

Tabla 3.

Parámetros constantes tomados de la muestra madre para el proceso de bioacumulación.

PARAMETROS	MEDIDAS BASE
Tiempo	2 horas
Caudal	120ml hr
pH	5
Temperatura	20 grados
Nitrato de plomo	1.5 litros
Bioacumuladores	50 g

3.3. Prueba madre realizada en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Tabla 4.

Obtención de datos de prueba madre.

PARAMETROS	MEDIDAS
Agua destilada	250ml
Tiempo	2 horas
Biacumuladores	50g
Obtención de filtrado	250ml

3.4 Determinación de la capacidad bioacumuladora del plomo (mg/l).

Tabla 5.

Medidas de la bioacumulación de plomo en el filtro para cada prueba de estudio.

TRATAMIENTOS	TIPO DE BIOMASA	CONCENTRACIÓN INICIAL DEL PLOMO (PPM)	CAPACIDAD BIOACUMULADORA DE PLOMO (MG/L)
M-1	Hojas de maíz	100ppm	99.95%
M-2	Hojas de maíz	100ppm	99.94%
M-3	Tallo de maíz	100ppm	99.96%
M-4	Tallo de maíz	100ppm	99.92%
M-5	Coronta de maíz	100ppm	99.91%
M-6	Coronta de maíz	100ppm	99.94%
M-7	Prueba madre	0ppm	0

En esta tabla se observa la capacidad bioacumuladora de plomo por cada tipo y para las tres pruebas sacadas de biomasa, verificando en cuanto aumenta la medida de concentración de plomo. Logrando así determinar cuánto se bioacumulo en cada filtro.

3.5 Análisis de varianza.

Tabla 6.

Análisis de varianza (ANOVA) para la absorción de plomo en hoja, coronta y tallo de maíz.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	P - VALOR
Muestras	0.000000029	2	0.000000014	0.21	0.8165
Error	0.000000410	6	0.000000069		
Total	0.000000440	8			

$$CV = 0.03 \%$$

En Tabla, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la absorción de plomo, los cuales indican que no existe significación estadística para las muestras, dado que el valor de significación (p-valor = 0.8165) es mayor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que el tallo, hojas y coronta del maíz... presentan la misma capacidad de absorción de plomo.

El coeficiente de variación (CV = 0.03 %), indica baja variabilidad de los resultados, además es adecuado para las condiciones del experimento.

En la figura, se observa los resultados de la absorción de plomo. Con la hoja se absorbe el 0.99945 %, con la coronta el 0.99925 % y con el tallo se absorbe el 0.9994 %, según el análisis de varianza, estos resultados son iguales.

3.5 Ecuaciones.

Según las respuestas a optimizar, se seleccionaron el porcentaje retenido de plomo (%R) y la capacidad de bioacumulación de plomo para la hoja, tallo y coronta de maíz.

Ecuación 1.

Porcentaje de remoción.

$$\%R = \frac{C_t - C_f}{C_t} \times 100$$

Fuente: Programa estadístico SAS.

Donde: % R. porcentaje de metal retenido durante la operación de la columna

Ecuación 2.

Capacidad de bioacumulación.

$$q_e = \frac{q_{total}}{W}$$

$$q_{total} = \frac{Q}{1000} \int_{t=0}^{t=t_{total}} Cr \cdot dt$$

Fuente: Programa estadístico SAS.

Donde:

q_e : capacidad de absorción (mg de metal sorbido/g de sorbente).

q_{total} : capacidad máxima de la columna (mg).

W : masa de biosorbente (g).

Q : caudal que circula por la columna (ml/min).

CR : concentración de metal retenido (mg/L).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

El plomo es un metal tóxico, dañino para los seres humanos y el medio ambiente convirtiéndose así en un problema latente a nivel mundial, por ello realizamos distintos experimentos donde evaluamos agregar a una solución acuosa de 100ppm de plomo para poder saber con exactitud qué cantidad ingresa al filtro y así determinar su capacidad de bioacumulación del maíz, teniendo como resultado que la primera y segunda biomasa la cual se obtuvo de la hoja de maíz nos da un porcentaje de bioacumulación de un 99.95% y 99.94% , del mismo modo, continuamos con las otras dos biomásas, obtenidas del tallo las cuales arrojaron una bioacumulación de plomo de 99.96% y 99.92% y finalmente las dos biomásas adquiridas de la coronta de maíz que arrojaron un 99.91% y un 99.94%. Logrando así comparar con los resultados que obtuvieron (Tejada, Herrera, & Nuñez, 2016) que la remoción de plomo dio un 99.2 % utilizando como bioacumulador a la cáscara de naranja con una concentración inicial de 100 ppm. Por otro lado, (Salas & Sarcco, 2017) obtuvieron un porcentaje de remoción de 99.60 % utilizando cáscara de naranja y una concentración inicial de plomo de 100 ppm.

De manera conjunta, (Albarracín, 2014) (Muñoz, 2007) (Salas & Sarcco, 2017) (Tejada, Herrera, & Nuñez, 2016), concuerdan que la biosorción o bioacumulación depende de la protonación o deprotonación de los grupos funcionales y que a valores de pH bajos, la concentración de iones hidronios es más alto y compiten con los iones Pb (II); por lo tanto está disminución del pH se produce después de la quelación tanino con el metal y se debe a la deprotonación de los grupos hidroxilo de ácido gálico desde el momento que se ponen en

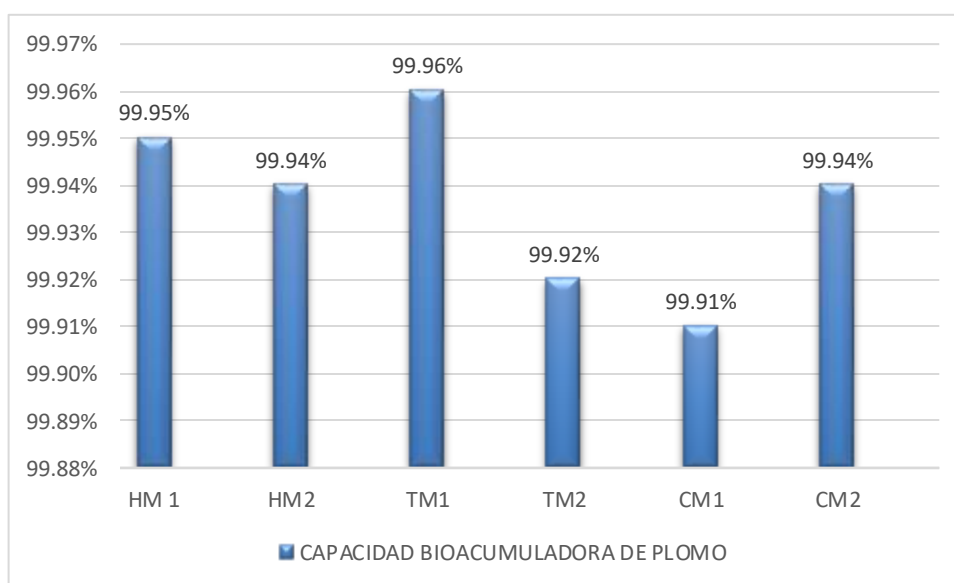
contacto con el medio acuoso. Se podría concluir que estas variaciones en los valores de porcentaje de remoción se deberían a la disminución del pH y también al porcentaje de taninos en las muestras. Por eso en la muestra madre se debe calcular que el nivel del pH sea bajo, en este caso utilizamos un pH 5, para poder obtener una mejor bioacumulación.

Por lo tanto y debido a la información recopilada durante el proceso de análisis de este proyecto, queda comprobado que la planta de maíz (*Zea mays*) es un gran bioacumulador de plomo, reteniendo un 99,9% en cada parte de su taxonomía así mismo la cascara de naranja, pudiendo utilizarlos para controlar o si es el caso eliminar por completo el plomo de los acuíferos contaminados.

Del mismo modo se podría reanudar el trabajo de investigación experimentando con nuevas temperaturas, con diferentes pH, con distintos bioacumuladores o diferentes porcentajes y finalmente se podría complementar agregando más metales para ver si cumple con el mismo porcentaje de bioacumulación.

Figura 8.

Capacidad bioacumuladora de plomo.



4.2 Conclusiones

Los recursos naturales son vitales para la vida del ser humano por lo que después de finalizar una minuciosa, selectiva, revisión y análisis se concluye lo siguiente: Al determinar la capacidad de Bioacumulación de plomo en el tallo, hojas y coronta de maíz (*Zea mays*) obtuvimos que es una solución muy eficaz ya que absorbe hasta un 99.9% del metal así mismo es una alternativa de solución muy rentable porque podemos encontrar este recurso en abundancia.

Del mismo modo, de acuerdo a todo lo investigado se obtuvo que es necesario verificar la solución inicial de plomo la cual fue de 100 ppm para poder observar que porcentaje se llega a bioacumular.

Por otra parte, es necesario realizar la muestra madre porque gracias a ella determinamos los distintos factores como el tiempo de residencia que fue de 2 horas y con un pH de 5 ya que si no contamos con ellos no podríamos de iniciar con el filtrado.

De tal manera al determinar la concentración del plomo en la solución ya tratada nos damos cuenta que esta ingresaba con una concentración de 100 ppm de plomo y luego del filtrado salía con un 0.003 ppm de concentración, por lo que entendemos que la coronta, tallo y hojas del maíz son buenos bioacumuladores de metales pesados, ayudando así a la humanidad a fitorremediar recursos hídricos contaminados por plomo, y evitando graves problemas de salud pública.

REFERENCIAS

- Albarracin, F. (2014). Capacidad de adsorción para remover el ion metálico Pb por el Ramis Puno, Tesis Dr. Puno,. *Universidad Nacional del Altiplano*, 180p.
- Boada, P. (2015). Estudio del proceso de biosorción de contaminantes en efluentes acuoso. Ecuador.
- Cabrera, D. (2018). Evaluación de la capacidad de biosorción de plomo en maíz. Arequipa.
- Calero M, B. A. (2014). Biosorción de cobre con corteza de pino mediante soluciones acuosas. 21-34.
- Calero, M., Blazquez, G., & Hernainz, F. (2012). Biosorción de cobre con corteza de pino en columna de lecho fijo. *Afinidad*.
- Cardona, A., Cabañas, D., & Zepeda, A. (2013). Evaluación del poder biosorbente de cascara de naranja para la eliminación de metales pesados.
- Das, N., Vimala, R., & Karthika. (2008). Biosorption of heavy metals.
- Enoc J, G. J. (2017). Acumulación de metales pesados en *Calamagrostis rigida* y *Myriophyllum quitense* evaluadas en cuatro humedales altoandinos del Perú. *Arnaldoa*.
- González, R. Y. (2016). Contaminación por metales pesados, implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. 12-18.
- Grupta, V., & Nayak, A. (2015). Bioadsorbents for remediation of metals.
- Haydeé, T. (2017). Acumulación de metales pesados en aguas residuales.
- Izquierdo, M. (2010). Eliminación de metales pesados en aguas mediante bioadsorción.
- JC, M. (2013). *Biosorción de plomo por cascara de naranja*. Lima.
- Jiménez, F., Lavado, C., & Bendezú, S. (2015). Biosorción de Pb (II) de aguas residuales de mina usando el marlo de maíz (*Zea mays*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*.

- Kurma, N. (2013). Modelación matemática del proceso de biosorción de Cromo.
- Lara, J., & Tejada, C. (2017). Adsorción de plomo y cadmio en residuos de cacao . Ion.
- Larenas, C., Andrango, D., & Inga, P. (2018). Estudio isotérmico de biosorción de plomo en aguas utilizando residuos vegetales. *Ciencias de la Vida*, 2.
- Larios F, J. G. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Peru. *Saber y Hacer*, 9-25.
- Lavado, C., & Oré, F. (2017). Estudio de la biosorción de plomo divalente de soluciones acuosas usando biomasa modificada de marlo de maiz (*Zea mays*). *Sociedad Química del Perú*, vol. 82, 4.
- Meoño, J. F. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú.
- Morand, V. C. (2020). *Maíz para silo de planta entera: efecto de genotipo y altura de corte en la producción y calidad para alimentación animal*.
- Muñoz, J. (2007). Biosorción de plomo (II) por cascara de naranja pretratada. *UNMSM*, 82p.
- Newman, F. (2014). Bioacumulación de contaminantes en soluciones acuosas.
- Prieto, A. (2009). Contaminación por metales pesados. 66-77.
- Prieto, F. (2014). Presencia de metales pesados en cultivos de maiz. 17.
- Reyes, Y., Vergara, I., & Torres, O. (2016). *Contaminación por metales pesados* . Ecuador.
- Rosa, C. E. (2015). Bioacumulación de plomo. Peru.
- Salas, P., & Sarcco, L. (2017). Eliminación de plomo y hierro por bioadsorción de maiz en residuos líquidos.
- Salud, O. M. (Martes 28 de Agosto de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Samaniego, J. A. (2016). Remoción de hierro y plomo en aguas residuales por bioadsorción de la cascara de naranja. 69-75.
- Tapia, N., Muñoz, J., & Torres, F. (2003). Bioacumulación de plomo con maiz .
- Tejada, C., Herrera, A., & Nuñez, J. (2016). Remoción de plomo por biomasa residual de zuro de maiz. 169-178.

Vicente, J. (2010). Biodisponibilidad de metales pesados en dos ecosistemas acuáticos de la costa. 528p.

Vizcaíno, L., & Fuentes, N. (2015). Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, maiz, tuna. 43-61.

Volesky, B., & Holan, Z. (2011). Biosorption of Heavy Metals. *Biotechnology Progress*.

ANEXOS.

Anexo 1: Matriz de Consistencia:

<p>Título: “EVALUACION DE LA BIOACUMULACION DE PLOMO EN TALLO, HOJAS Y CORONTA DE ZEA MAYS EN SOLUCIONES ACUOSAS”</p>	<p>Formulación del problema: ¿Cuál es la capacidad de Bioacumulación de plomo en el tallo, hojas y coronta de maíz (<i>Zea mays</i>) en una solución acuosa?</p>	<p>Objetivo general: Determinar la capacidad de Bioacumulación de plomo en el tallo, hojas y coronta de maíz (<i>Zea mays</i>) en una solución acuosa.</p>	<p>Hipótesis general: La planta de maíz (<i>Zea mays</i>) tiene una capacidad biosorbente de plomo mediante el proceso de Bioacumulación.</p>	<p>Variable dependiente (y): Cantidad en ppm de plomo.</p>	<p>Indicadores: Resultados de las muestras de agua. Nivel de saturación de los filtros.</p>
	<p>Problema general: Capacidad de Bioacumulación de plomo en maíz (<i>Zea mays</i>)</p>	<p>Hipótesis específicas. La capacidad biosorbente de plomo del tallo, hojas y coronta de maíz (<i>Zea Mays</i>) permite remover más del 50% del plomo contenido en las soluciones acuosas.</p>	<p>Variable Independiente (x) Capacidad de Bioacumulación de plomo en el maíz (<i>Zea mays</i>).</p>	<p>Resultados de los análisis de la cantidad de absorción de Pb del maíz triturado.</p>	

Anexo 2: Cuadro de operaciones de las variables:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Capacidad de Bioacumulación de plomo en el maíz (<i>Zea mays</i>).	La planta de maíz absorbe los metales pesados del suelo como lo demuestra la mayor acumulación de plomo y cadmio en la raíz de ésta	Es un proceso mediante el cual la planta de maíz absorbe mayor capacidad de plomo y lo almacena dentro de su raíz, hojas, tallo y corontas.	Tiempo de filtración. Concentración de plomo. Cantidad de maíz molido.	Tiempo Alto Medio Bajo. Peso	Número de días. Mg/Kg. Kg.

Anexo 3: Resultados de los análisis de laboratorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRIH
 LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima - Email: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 004466

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

SOLICITANTE : ROSA MARÍA TORREL SEVILLA
PROYECTO : ABSORCIÓN DE PLOMO EN HOJAS, TALLO Y CORONTA DE ZEA MAYS
PROCEDENCIA : Baños del Inca- Cajamarca
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nora Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 29 de octubre de 2019

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO



Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO



Facultad de
Ing. Agrícola



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
 LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 004465


LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO




Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO



Facultad de Ing. Agrícola



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRRH
 LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 514 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 004467

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO



Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO



Facultad
de
Ing. Agrícola


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
 LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe


Nº 004468

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

SOLICITANTE : ROSA MARÍA TORREL SEVILLA
PROYECTO : ABSORCIÓN DE PLOMO EN HOJAS, TALLO Y CORONTA DE ZEA MAYS
PROCEDENCIA : Baños del Inca- Cajamarca
RESPONSABLE ANÁLISIS : Ing. Nora Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 29 de octubre de 2019

Nº LABORATORIO		4468
Nº DE CAMPO		Coronta M-2
Plomo	mg/L	0.056

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO


 Facultad de Ing. Agrícola



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
 LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fla@lamolina.edu.pe



N° 004469

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO



Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
 LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fla@lamolina.edu.pe



Nº 004470

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO



Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO



VALORES PAUTAS DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA POTABLE

PARÁMETROS UNIDADES		R.D. 339 - 87 - ITINTEC - D6 87 - 06 - 22	
		Valor máximo recomendable	Valor máximo admisible
Turbiedad	NTU	3	5
Sólidos Totales	mg/L	500	1.000
Fierro	mg/L	--	0,3
Plomo	mg/L	--	0,05
Cobre	mg/L	--	1,0
Cadmio	mg/L	--	0,005
Manganeso	mg/L	--	0,1
Zinc	mg/L	--	5,0
Boro	mg/L	--	--
Magnesio	mg/L	30	--
Sulfatos	mg/L	250	400
Cloruros	mg/L	250	600
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	250	--
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	120	--
pH		6.5 - 8.5	--
Nitrato	mg/L	--	45
Sodio	mg/L	--	100

Elemento	Limite de Detección*
Hierro	0.08
Cobre	0.035
Zinc	0.012
Manganeso	0.03
Plomo*	0.3
Cadmio*	0.012
Cromo	0.05
Calcio	0.025
Magnesio	0.0035
Sodio	0.007
Potasio	0.02

* Equipo de Absorción atómica