



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“DOSIS Y TIEMPO OPTIMO DE CONTACTO DE LA
CÁSCARA DE PLÁTANO EN LA REMOCIÓN DE ZINC EN
AGUAS DEL RÍO SAN LORENZO, SHOREY”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autores:

Lia Aneli Nomberto Carranza

Emelyn Tatiana Saavedra Castillo

Asesor:

Mg. Wilberto Effio Quezada

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0364-5392>

Trujillo - Perú

DEDICATORIA

A mis padres Alicia y Paul que son mi motor y motivo en mi vida porque son mi fortaleza para siempre seguir adelante, a mi abuelo Lorenzo por sus consejos que me alentó a perseguir cada uno de mis sueños y a mis tíos Juan y Marleny que siempre estuvieron conmigo en este camino.

Tatiana Saavedra

A mis padres Amalia y Hugo por su amor infinito y por sus enseñanzas a lo largo de mi vida. A mi hermano Harold mi ángel en el cielo, quien me enseñó a no rendirme nunca a pesar de las dificultades que se me presenten. A mi sobrina Kate quien fue mi fortaleza para seguir adelante y no dejarme caer.

Lia Nomberto

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fortaleza y guiarme en mis momentos más difíciles y hacer que mis metas se cumplan. También de manera especial a mi asesor Ing. Wilberto Effio Quezada, quien me brindó su apoyo y asesoramiento en todo momento, además de ser un profesional modelo de admirar.

Tatiana Saavedra

A Dios por haberme guiado por buen camino y darme fortaleza para poder cumplir mis metas. A mis padres por su apoyo constante e incondicional. Además, agradecer a mi asesor el Ing. Wilberto Effio Quezada por brindarme sus conocimientos y por guiarme durante el proceso del desarrollo de mi tesis.

Lia Nomberto

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.1.1. Biosorción	25
1.1.2. Bioadsorción.....	26
1.1.3. Factores que afectan el proceso de adsorción	26
1.1.4. Isotermas de adsorción	26
1.1.5. Capacidad de remoción del metal:	27
1.1.6. Porcentaje de eficiencia.....	28
1.1.7. Estándares de medición de eficiencia.....	28
1.1.8. Ensayo de “prueba de jarras”	29
1.1.9. Metales pesados.....	29
1.1.10. Elemento zinc:	30
1.1.11. <i>Musa paradisiaca</i> - Plátano	30
1.1.12. Variaciones de <i>Musa paradisiaca</i>	30
1.1.13. Producción (a nivel del Perú)	30
1.1.14. Residuos de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i>	31
1.1.15. Cáscara de <i>Musa paradisiaca</i>	31

1.1.16. Composición.....	31
1.1.17. Normativa ambiental	32
1.2. Formulación del problema	35
1.3. Objetivos	35
1.3.1. Objetivo general	35
1.3.2. Objetivo específico.....	35
1.4. Hipótesis	35
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	36
2.1. Tipo de investigación	36
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	36
2.2.1. Población.....	36
2.2.2. Muestra.....	36
2.2.3. Materiales	36
2.2.4. Instrumentos o Equipos	37
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	38
2.3.1. Técnicas de recolección de datos	38
2.3.2. Instrumentos de recolección de datos.....	38
2.3.3. Método Estadístico.....	39
2.3.4. Aspectos éticos.....	49
2.4. Procedimiento	42
2.4.1. Ubicación de los puntos de muestreo del Río San Lorenzo, Shorey.	42
2.4.2. Premonitoreo	43
2.4.3. Monitoreo.....	43

2.4.4. Posmonitoreo.....	44
2.4.5. Preparación de Biomasa	44
2.4.6. Proceso de Remoción	46
2.4.7. Método de Espectrofotometría	47
CAPÍTULO III: RESULTADOS	51
3.1. Determinación de la concentración inicial de zinc en las aguas del Rio San Lorenzo, Shorey	51
3.2. Evaluar la dosis óptima de la cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> en la remoción de zinc en las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.....	52
3.3. Evaluar el tiempo de contacto óptimo de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> en la remoción de zinc en las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.....	53
3.4. Evaluar el porcentaje de remoción de la cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> en el proceso de remoción de zinc de las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.....	54
3.5. Prueba de Hipótesis Distribución Normal	55
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	57
4.1. Discusión	57
4.2. Conclusiones	61
REFERENCIAS	62
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estándares de medición de eficiencias	28
Tabla 2: Composición promedio del plátano- MINAM	32
Tabla 3: Parámetros de calidad de Zinc para el riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto – MINAM.	34
Tabla 4: Combinaciones para la prueba de biosorción de la cáscara de plátano	41
Tabla 5: Puntos de muestreo del agua del Río San Lorenzo, a la altura de Shorey.	42
Tabla 6: Resultados de muestreo de la concentración inicial y final al realizar el proceso de remoción de Zinc en el río San Lorenzo.....	51
Tabla 7: Porcentaje de remoción de la cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> en el proceso de remoción de Zinc de las aguas del Río San Lorenzo, Shorey	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proceso del monitoreo de agua del Río San Lorenzo, Shorey	44
Figura 2: Proceso de la preparación de la cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> para la biosorción Zinc de la muestra del agua del Río San Lorenzo, Shorey.	46
Figura 3 : Proceso de ensayos experimentales en el laboratorio	47
Figura 4: Gráfica de intervalos de porcentaje vs dosis de Masa.....	52
Figura 5: Gráfica de Intervalos de Porcentaje vs Tiempo de Contacto	53
Figura 6: Gráfica factorial de los efectos principales en la concentración de Zinc del agua del Río San Lorenzo, Shorey.	55
Figura 7: Gráfica de probabilidad normal de porcentaje de biosorción de Zinc del agua del río Moche	56

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la dosis y el tiempo óptimo de contacto de la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) en la remoción de zinc (Zn) en aguas del Rio San Lorenzo - Shorey, usando los métodos de gravimetría y espectrofotometría. Para este estudio se utilizó una muestra de 30 L de agua del río San Lorenzo de la cual se sustrajo 500 ml para cada prueba, así mismo, se empleo el método del test de jarra a una revolución de 100 rpm para los tiempos de contacto de 12, 24 y 48 horas, a continuación, se dejó reposar 30 minutos para la sedimentación y la lectura de la concentración final de zinc (Zn). Se tuvo una concentración inicial (Ci) de zinc de 5.06 ppm ; por cada dosis de: 5, 10 y 15 g. del biosorbente (*Musa paradisiaca*). Finalmente, se obtuvo como resultado que la biomasa tiene eficiencia de remoción más alta de zinc al 86% , usando 10 g de cáscara de plátano con un tiempo de contacto de 12 hrs y con una concentración final (Cf) de 0.7790 ppm. Y con una remoción menor de 59% , utilizando 15 g de biomasa, con un tiempo de 48 hrs y con una concentración final (Cf) de 2.3181 ppm.

PALABRAS CLAVES: *Musa paradisiaca*, zinc, biosorción

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La contaminación ambiental se posiciona como uno de los más importantes problemas que afectan el ambiente donde nos desarrollamos y a pesar de encontramos en pleno siglo XXI ha sido difícil remediarla, una de las principales causas es el producto generado por las actividades mineras, al no cumplir con el buen manejo de residuos mineros. Estos residuos contienen metales que contaminan los recursos hídricos, el suelo y aire, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y la salud pública a nivel global (Reyes et al., 2016), entre los contaminantes inorgánicos más nocivos para los seres vivos están los metales pesados como el mercurio, plomo, cobre, arsénico, magnesio, cromo, níquel, zinc entre otros derivados, que dan lugar a la pérdida irreversible de los recursos naturales por no ser biodegradables.

Uno de los países que está siendo afectado por la actividad minera a causa de la acumulación de metales pesados en aguas superficiales es Irán, debido a los efectos de la actividad minera Takht, esta ha explotado carbón y con la distribución de determinados metales pesados (Zn, Pb, Ni, Cr y Ba), se ha incremento los niveles de concentración en aguas subterráneas de 3, 39, 0.5, 0.2, 0.5, 9.2 ppb a 83, 52, 2.2, 0.6, 2.6, 48,3 ppb y en la superficie de 68.7, 0.5, 1.3, 0.8, 172.6 ppb a 91, 1.2, 4.5, 1.3, 27.6 ppb respectivamente, debido al ambiente básico, drenaje de la mina de carbón, acumulación de metales pesados en el lecho sedimentario por los efluentes, y por las aguas de escorrentía, además, el pH fue el principal determinante en la solubilidad de los elementos y su distribución en el medio ambiente (según Dahrazma y Kharghani, 2016).

En consecuencia, debido a las actividades mineras, existe la presencia de metales pesados en aguas superficiales, como la esfalerita quién está asociado con la presencia de pirita, cuarzo, calcita, y está compuesto por zinc y azufre. En la investigación de Ossa y Zapata (2018), aclara que en el proceso de lixiviación en una mina existe la presencia de Zinc a partir del mineral esfalerita (p.100).

Albis et al. (2016), nos menciona que el zinc (Zn) como elemento se encuentra de forma natural en el agua, aire y suelo, en la combustión del carbón, en actividades industriales para prevenir la corrosión del acero, sin embargo en grandes cantidades ocasiona efectos en la salud del ser humano, provocando la pérdida del apetito, erupciones cutáneas, sensibilidad en el sabor y olor (p.17).

La ciudad de Habana, Cuba, no es ajena a los problemas de muchas ciudades modernas y sus fuentes superficiales de agua también están afectadas por la contaminación de metales pesados como el Zinc, en el Río Almendares, cerca de los vertederos encontraron, altos niveles de metales en los sedimentos, en concentraciones como 1016 ppm Zinc. (Lima et al., 2005 p.116).

Uno de los países que goza de los recursos mineros en América Latina es el Perú, sin embargo, estos recursos van de la mano con el tema ambiental, porque se convive con la contaminación de ríos por metales pesados, Villena (2018), afirma en una revista, que el Perú por su naturaleza mineralógica y por su economía dependiente de la actividad minera, genera condiciones para la dispersión de contaminantes químicos, especialmente metales, van llegando al agua potable provocando un riesgo crónico que está empezando a ser incontrolable, esto se debe a la contaminación de las cuencas (p.308).

La calidad de agua es un valor ecológico fundamental para la vida y se debe priorizar para incorporar y para reducir las brechas en los problemas sanitarios.

La excesiva concentración de zinc trae consigo problemas ambientales en nuestra nación, alterando los ambientes acuáticos y la agricultura; como es el caso de las lagunas de Yanamate y Quiulacocha en Pasco y Ticticocha y Yuracmayo en la región Lima, la acumulación de 597,40 ppm de Zinc superan los estándares ambientales de calidad de agua y fueron encontrados en las raíces de la fauna de las mismas lagunas, esto es provocado por el drenaje ácido del depósito minero (Peña et al., 2017 p.585).

Los metales pesados se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos. No pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma natural o biológica (Abollino et al., 2002 p.179).

Una de las cuencas de la Costa del Perú, es la cuenca del río Moche, que presenta un relieve empinado, escabroso, con una fuerte pendiente, su flujo es altamente turbulento en el periodo de avenidas; en la parte alta de la cuenca se encuentran lagunas y en la parte de la cuenca baja, por la disminución del caudal, principalmente en la época de avenidas, producto de la deposición del material sólidos discurrido por el río se forma un cono de deyección. El río Moche, comprende los distritos de Motil (82 km²), Chota (98 km²) Otuzco (184 km²), Huangamarca, Pollo, La Cuesta, Sinsicap y quebrada Cushmun por la margen derecha, y por la margen izquierda la quebrada San Felipe y quebrada Agua Dulce. Existen además lechos de ríos secos, pues aguas del río Chepén y del río Simbal son captados para irrigar zonas de cultivo, según el “Diagnóstico hídrico rápido de la cuenca del río moche como

fuentes de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS SEDALIB S.A.”. (2018, p.58).

Asimismo, mediante el Decreto Supremo N° 204-2020-PCM que declara el Estado de Emergencia en los distritos de Quiruvilca de la provincia de Santiago de Chuco; Agallpampa, Salpo y Otuzco de la provincia de Otuzco y Poroto, Laredo, Trujillo, Huanchaco, Moche y Víctor Larco Herrera de la provincia de Trujillo, del departamento de La Libertad, por peligro inminente ante contaminación de aguas superficiales del río Moche, el presente decreto supremo es refrendado por la Presidenta del Consejo de Ministros, la Ministra de Salud, el Ministro de Educación, el Ministro de Desarrollo Agrario y Riego, el Ministro de Energía y Minas, el Ministro del Interior, la Ministra de Defensa y el Ministro del Ambiente (Diario el Peruano, 2020, p.22).

De igual forma, Chappuis (2017) publicó un informe sobre el riesgo ambiental en 09 departamentos del país debido al posible colapso de 17 relaves mineros. A través de un análisis espacial cualitativo con imágenes satelitales, se determinó que las principales fuentes de agua (ríos y quebradas) y centros poblados que serían impactados, entre la lista de los 17 se encuentra el depósito de relaves Santa Catalina de la unidad minera Quiruvilca, ubicada en el distrito del mismo nombre, en la provincia de Santiago de Chuco del departamento de La Libertad. Sobre este caso, el informe predice que un probable colapso y/o desborde afectaría seriamente al río Shorey, afluente de la cuenca Moche, e impactaría severamente en los centros poblados Shorey (Grande), Shorey Chico, entre otros (p.1685).

Asimismo, el 17 de diciembre del 2017, la empresa Minera Quiruvilca dejó de operar y se declaró en quiebra, abandonando a 428 empleados con una deuda comuna de más de 200 000 soles, por ende, causaron un fuerte impacto económico, social y ambiental en la población del distrito de Quiruvilca, además esto generó la dificultad de la contratación de profesores y personal técnico para los satélites, ya que los aportes de la mina por los predios mediante la municipalidad se pagaba a dichos empleados (Castro, 2019). Quiruvilca cuenta con 28 caseríos, de los cuales se desarrolla exclusivamente la minería en Shorey Grande, Shorey Chico y el propio Quiruvilca, en este último distrito, se encuentra el río San Lorenzo, siendo este un efluente que llega al río Shorey, quien forma parte de la cuenca Moche.

El río Moche parte con el nombre de río Grande adoptando posteriormente el nombre de río San Lorenzo, el cual, al unirse con el río Shorey forman el río Constancia. A su vez el río San Lorenzo tiene su origen en la laguna del mismo nombre y su tributario se encuentra en la quebrada Pampa Huacha. El río Constancia cambia el nombre a la altura de la quebrada de la Perdiz en la localidad de San Juan, a unos 14 Km de su origen y se convierte en el río Moche según el Diagnóstico hídrico rápido de la cuenca del río moche como fuente de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS SEDALIB S.A (2018, p.58).

De acuerdo a lo mencionado, la contaminación de los ríos, se da por las diferentes actividades industriales, pesqueras, agrícolas, y mineras , en especial esta última actividad que, por la inadecuada disposición de desmontes y relaves, la falta de tratamiento de los efluentes y materiales peligrosos, aguas ácidas discurridas a los ríos afecta a la población, áreas destinadas a actividades agrícolas y ganaderas causando

enfermedades e inseguridad en la población y una imagen negativa de la actividad minera, sin embargo, existen métodos convencionales para el tratamiento de estas aguas residuales mineras. Es así que esta investigación busca determinar la influencia de la dosis y el tiempo óptimo de contacto de la cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de zinc en aguas del Rio San Lorenzo, Shorey.

Este proyecto de investigación tiene una escala valorativa alta, validez y confiabilidad en todos los procesos de la investigación, desde el recojo de muestras de agua hasta determinar la dosis óptima y el tiempo de contacto para establecer la eficiencia de la influencia de la dosis y el tiempo óptimo de contacto de la cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de zinc, en aguas del Rio San Lorenzo, esto se realizó con la ayuda de las diferentes investigaciones y metodologías de experimentación, que permitieron relacionar las variables a trabajar y de esta manera posibilitará encausar posteriores investigaciones relacionadas a la contaminación de aguas por zinc

Esta investigación se realiza por la preocupación del desarrollo de las comunidades que se encuentran en el litoral de la cuenca del rio Moche, ya que afecta en la parte social, económica y ambiental, al no poder gozar de una vida plena y saludable, dicha agua en la cuenca baja, es utilizada en la agricultura, piña, paltos, naranjas, caña de azúcar, sandia, entre otros, y estos productos son vendidos en las carreteras y son llevados a los mercados de la ciudad de Trujillo, asimismo estas aguas contaminadas en la cuenca media a la altura de Shorey, al evaporarse contamina el aire trayendo consigo, dificultades respiratorias, problemas gastrointestinales, entre otros. Finalmente, tiene una aportación significativa, debido a que, esta investigación cuenta con una metodología que ayudan a disminuir las concentraciones de zinc, e incluso

ayuda a mejorar la calidad de vida de las comunidades y la calidad del agua, y de esta manera, los pobladores pueden hacer uso de dicha agua, para la agricultura, regadío de plantas, pueden usar para el lavado de ropa, entre otros movimientos, por ende, al incrementar la agricultura, a su vez, incrementará la fauna que son propias de la zona. Todo esto contribuye a promover y a obtener un desarrollo sostenible en la parte media de la cuenca.

Para fundamentar esta investigación tenemos antecedentes internacionales:

Según, Fernández (2020), en su investigación en España, llamado “Eliminación de metales pesados mediante biosorción desarrollo de procesos de tratamiento para aguas residuales industriales”, tiene como objetivo, realizar un tratamiento de aguas residuales industriales, en donde realizaron una caracterización fisicoquímica del agua residual y del orujillo contaminada con Cromo, Manganeso, Cobre, Zinc, Niquel y Plomo. Los resultados indicaron un tratamiento químico, mostrando capacidades máximas de biosorción entre 14,270 ppm y 42370 ppm , además la capacidad de retención más alta para el plomo fue de 41,54 ppm y la más baja para el manganeso de 3570 ppm. En conclusión, comparando con otros estudios, los resultados obtenidos fueron satisfactorios.

Según, Fernández et al. (2018). En su trabajo realizado en Cuba, “Factores de mayor influencia en la adsorción de metales pesados por biomasa seca de *Kluyveromyces marxianus* CCEBI 2011”, determinaron los factores de mayor influencia sobre la capacidad de adsorción que tiene la biomasa seca sobre la eficiencia de remoción de Zinc, Cobre y Manganeso, en donde utilizaron 0,25 g de biomasa, 3 niveles de pH (4,4; 5,0 y 6,2) y cinco tiempos de contacto (15,30,45 y 90 min.). Las

concentraciones de los metales, fueron determinados por espectrofotometría, teniendo como resultados con 74,0 % Cobre; 98,8 % Zinc y 55% Manganeso y con pH óptimo de 6.2, concluyendo que existe influencia del pH en el proceso de adsorción. Este trabajo aportará en la información sobre la biosorción de Zinc.

Albis et al. (2016), en su investigación en Colombia, “Remoción de zinc (II) de soluciones acuosas usando cáscara de yuca (*Manihot esculenta*): experimentos en columna”, determinaron el comportamiento del tiempo de ruptura para la adsorción de Zinc (II). Para ello, usaron el método de experimentos en columna y una caracterización de biomasa, los resultados óptimos son de 25 min. de tiempo de ruptura, con una concentración inicial de 480.23 ppm, altura de lecho de 12.86 cm y una capacidad de absorción de 5530 ppm .En conclusión, existe mayor biosorción cuando la concentración inicial es más baja. Esta tesis, aporta en relacionar la concentración final de zinc mediante *Manihot esculenta* con la presente investigación.

Vizcaino y Fuentes (2014), en su investigación “Biosorción de Cadmio, Plomo y Zinc por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna”, tiene como objetivo, disminuir la concentración de Cadmio, Plomo, Zinc, mediante el método de ensayos de batch, usando soluciones de sodio y Calcio, además, se usó un reactor de flujo continuo de columna fija con volumen de 400 ml. Como resultado se removió con mejor eficiencia al 62%, usando 75g de biomasa, con un tiempo promedio de 1 y 2 horas, y esta biomasa se calcinó a 700°C. Finalmente, se determinó que se obtuvo una ceniza estable frente a soluciones ácidas, lo cual garantiza la captura de los metales removidos. Esta tesis aportará en la comparación de resultados con el presente trabajo de investigación.

Según, Prieto et al. (2016), en su proyecto realizado en Cuba, “Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la remoción de zinc en soluciones acuosas”, en donde adsorbieron iones de zinc en soluciones acuosas. Para ello, utilizaron un analizador termogravimétrico, obteniendo una reducción de 2,091 ppm a 1,204 ppm de Zinc (II) con una dosis de 1.50g de biomasa a 250 rpm, con 25°C y con 1 hr de tiempo de contacto, en conclusión, la adsorción de Zinc (II) en ceniza de bagazo de caña de azúcar corresponde al modelo Langmuir con coeficiente de correlación bilineal de 0,9956. Esta tesis nos ayuda en comparar la eficiencia del tiempo de contacto.

En México, Santillan et al. (2016) en su investigación, “Biosorción de Pb^{2+} y Zn^{2+} en agua usando una planta silvestre inactiva recolectada en el estado de Colima: *Viguiera linearis*”. Evaluó la capacidad de adsorción, mediante experimentos estáticos en Batch, dichos resultados se obtuvieron a una dosis de biomasa de 0.075 g y a concentraciones de 50 ppm del metal en 30 ml de solución, con un tiempo de contacto de 15 min y un pH de 6, obteniendo un porcentaje de remoción de 97 % para Pb^{2+} y de 83 % para Zn^{2+} , de esta manera comprobaron que el biosorbente tiene mayor afinidad por Pb^{2+} que por Zn^{2+} . Dichos resultados alcanzaron una dosis de biomasa de 0.075 g y a concentraciones de 50 ppm del metal en 30 ml de solución, con un tiempo de contacto de 15 min y un pH de 6.

Bautista (2018), en su tesis, llamado “Bioadsorción de metales pesados mediante el uso de biomasa bacteriana aislada de jales mineros”, tuvo como objetivo, evaluar la capacidad de adsorción de metales pesados de una cepa bacteriana, aislada de jales, esto se realizó con una concentración de 3 mm de Plomo, Zinc, Niquel y Selenio, luego se hizo un aislamiento de microorganismo por cada dilución en placa y

luego se seleccionó la cepa con mayor resistencia y se le probó su resistencia a los otros metales utilizados. Se obtuvo biomasa de la cepa seleccionada creciéndola en caldo nutritivo, centrifugada a 3500 rpm por 15 minutos y finalmente secada a 80°C por 24hrs. Concluyendo que la cepa bacteriana ($ZnZaC_4$) tiene una capacidad media. Esta tesis, aporta en la eficiencia de la absorción de Zinc y Plomo.

Vera y Moreno (2014), en su tesis “Remoción de arsénico del agua residual industrial de proceso mediante el método de bioadsorción”, tuvo por objetivo determinar la eficacia de la cáscara de naranja para la remoción de arsénico del agua residual industrial de proceso. Los resultados arrojaron que el tratamiento más eficiente es con el pH = 5.5, tamaño de partícula = 0.4 mm, concentración del metal = 90 ppm, cantidad de cáscara = 1 g, tiempo de contacto = 2 hrs, temperatura = 22 °C, con un porcentaje de remoción de 23,49%. En conclusión, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos siendo la cáscara de naranja un buen biosorbente. Esta tesis comprueba la capacidad de biosorción de la cáscara de naranja.

Ecuador, Boada (2015), en su tesis, “Estudio del proceso de biosorción de contaminantes en efluentes acuosos mediante cilantro (*Coriandrum sativum*), con las raíces y tallos”, se preparó el biosorbente para la remoción de zinc a partir de soluciones acuosas mediante procesos discontinuos y continuos. Se determinaron: la uniformidad de la muestra en función del tamaño de partículas, la superficie volumétrica específica, el pH en el punto de carga cero, densidad y porosidad. En el proceso discontinuo, para el equilibrio se trabajó con cantidades del biosorbente en concentraciones dentro del rango de 50- 494 ppm en un tiempo de 24 horas y para el

proceso continuo se utilizó biosorbente como lecho fijo y a partir del equilibrio y cinética se fijaron dos flujos volumétricos ($Q_1= 88,02 \text{ cm}^3/\text{min}$ y $Q_2= 44,01 \text{ cm}^3/\text{min}$).

Concluyendo que, en el proceso discontinuo la remoción es de 37% de zinc en concentraciones menores a 500 ppm, con una relación en peso solución/biosorbente 50/1 y el biosorbente en lecho fijo es capaz de reducir la concentración de zinc a valores cercanos a cero desde una concentración cercana a 50 ppm. Esta tesis aporta en la información del tiempo de contacto.

Por otra parte, en Perú, Lazarte et al. (2019), en su investigación “Uso de la cáscara de maracuyá (*Pasiflora edulis*) para la bioadsorción de metales pesados de cobre y zinc en aguas del río Chillón, Callao, 2019”, Realizaron la preparación de 4 muestras de agua para la absorción con el polvo de maracuyá a diferentes concentraciones (5 ppm y 10 ppm) y N° de mallas (250 μm y 850 μm). Donde la concentración inicial para Cu de 8.44 ppm y Zinc de 0.418 ppm, obteniendo concentraciones finales para el Cu de 7.399, 6.529, 4.1196 y 4.0357 ppm; y Zinc de 0.388, 0.2695, 0.0341 y 0.0237 ppm. El porcentaje de remoción final para el cobre es 52.2% utilizando 10 g de polvo de cáscara de maracuyá con un tamaño de partícula de 850 μm , y para el zinc es de 94.3 % con las mismas características.

Se concluye que el zinc tuvo mayor reducción con la cáscara de maracuyá en comparación al porcentaje de cobre. Esta tesis, aporta en la metodología para la elaboración del presente proyecto.

Portilla, (2016), en su investigación “Tiempo de contacto de la cáscara de *Musa sapientum* (plátano) y su tamaño de partícula sobre el pH y adsorción de Pb y Zinc en las aguas residuales de laboratorios de análisis químico”, utilizó la cáscara de plátano

(*Musa sapientum*) para el tratamiento de aguas residuales de laboratorio, logrando disminuir los niveles de concentraciones iniciales de Pb y Zinc de 1,759 y 12,0 ppm respectivamente hasta 0,337 y 4,103; con un tiempo de contacto de 32 horas y con una malla 200 (0,074 mm), concluyendo que se logró obtener mayor adsorción de Plomo y Zinc en las aguas residuales de laboratorio químico usando la cáscara de plátano (*Musa sapientum*). Este trabajo confirma la influencia de la cáscara de plátano en la adsorción de Zinc.

De manera similar, Cencho (2018), en su investigación “Uso de biomasa seca (cáscara de plátano) como bioadsorbente de Arsénico en agua subterránea, Cruz del Médano, Mórrope, Lambayeque, a nivel laboratorio - 2018”, Se utilizó tres diferentes dosis, 2.5, 5 y 7.5 g de biomasa seca (cáscara de plátano) y tres diferentes mallas +10,-10 y -18. Para lo cual, la bioadsorción óptima fue de la relación de 5 g de dosis en 0.5 L, malla -18 um., a una velocidad inicial de 150 rpm y velocidad final de 30 rpm, con un tiempo de residencia de 18 horas, con un pH de 5.48, por ende, se concluye que la biomasa seca (cáscara de plátano) es eficiente en este proceso, ya que la concentración de arsénico inicialmente fue de 0.1 ppm y finalmente fue de 0.0827 ppm. Esta investigación ayuda en la información del tiempo de contacto y la dosis óptima para biosorción de Zinc.

Así mismo, Cardona et al. (2013), en su tesis “Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Plomo (II) y Zinc (II)”, evalúa la capacidad de biosorción de la cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados. Para ello, en el tratamiento 1 aplicó la eliminación de humedad y en el tratamiento 2 se realizó por reticulación. En los resultados, el

experimento 4 mostro el mejor porcentaje de remoción de Pb (II) con el 99.5% y en el experimento 4 mostró el mejor porcentaje de remoción de Zinc (II) fue de 99.5 % y la mejor capacidad de remoción fue de 9.95 ppm de Zinc (II) en 0.5 g de cáscara de naranja y para el Plomo (II) la mejor capacidad de remoción 9.95 ppm en 0.5 g de cáscara de naranja.

Romero (2017), llamada “La pepa de aceituna y la biosorción en efluentes mineros con alta concentración de plomo y zinc en la U.E.A, Heraldos Negros - Acobambilla - Huancavelica 2017”, en donde se determinó la eficiencia del uso de pepa de aceituna en efluentes de la unidad minera U.E.A. Heraldos, para ello realizaron un tiempo de agitación de 60 y 90 minutos para distintos pesos de pepa de aceituna (5 g y 10 g) por cada 2 L de muestra de efluente, obteniendo 0,436 ppm de Plomo y 7,48 ppm de Zinc antes del proceso de biosorción, el porcentaje promedio de eficiencia del 96,1% para el Plomo y 87,6% para el Zinc de Dicho proceso se realizó. Y es así que se pudo concluir que la pepa de aceituna es eficiente para la absorción de metales Plomo y Zinc en efluentes mineros. Este trabajo permite tener en cuenta los indicadores utilizados para la medición de la concentración de Zinc.

Por otra parte Gonzalo y Guerra (2016), en su investigación “Influencia de la velocidad de agitación y la temperatura sobre la adsorción de plomo (Pb) y zinc (Zn) con cáscara de plátano (*Musa sapientum*), en las aguas residuales de laboratorios de análisis químico” propuso la elaboración de un filtro a base de polvo de cáscara de plátano (*Musa sapientum*) y se trabajó con 2 muestras a diferentes temperaturas (35, 50, 65 y 80°C) y con diferentes velocidades de agitación (50 y 80 rpm).Obteniendo el

mayor porcentaje de adsorción de plomo fue de 79,76%; y para el zinc fue de 66.37%, operando con una velocidad de agitación de 80 rpm, y una temperatura de 80 °C.

Concluyendo que la cáscara de plátano (*Musa sapientum*), posee capacidad de adsorción para plomo y zinc en agua. Este trabajo, aporta en las características del plátano.

Apaza, (2015), en su tesis, “Remoción de metales plomo (pb) y zinc (zn) de las aguas del rio Toro Cocha por precipitación alcalina en la ciudad de Juliaca”, aplica el proceso de precipitación alcalina utilizando hidróxido de calcio e hidróxido de sodio, siendo los resultados más relevantes, para la velocidad de agitación (20 minutos) para ambos hidróxidos, con estas variables se logró una eficiencia de remoción Pb (99,10%), Zinc (99,50%) utilizando Ca(OH)_2 y Plomo (98,55%), Zinc (99,06%) con hidróxido de sodio. Por consiguiente, para encontrar mejores niveles de los factores controlados, fue viable aplicar la metodología de superficie de respuesta para llevar a cabo el presente trabajo de investigación. Este trabajo ayuda en la información del tiempo de contacto.

A su vez, Mori et al. (2013) en su tesis, “Estudio cinético e isotérmico de la biosorción de zinc (II) y cadmio(II) para un sistema mono metálico-bimetálico por *Undaria pinnatifida sp.*” Se estudió la capacidad de adsorción que tiene el alga marina *Undaria pinnatifida sp.* en la adsorción de los iones metálicos de zinc y cadmio para un sistema individual (mono metálico) y en mezclas (bimetálico) de una solución acuosa, determinándose que la máxima capacidad de biosorción de los iones metales como zinc fue $q_{\max} = 44.910$ ppm y cadmio $q_{\max}=102.380$ ppm a $\text{pH} = 4$ en un tiempo de contacto de 60 minutos, con el alga sin tratamiento en el sistema mono

metálico, siendo más eficiente la adsorción para el ión cadmio y para el sistema bimetalico con la capacidad máxima de adsorción, siendo para el ión metálico zinc $q_{max} = 0,27$ mmol/g, cadmio $q_{max}=1,27$ mmol/ g y para la adsorción de ambos metales sobre la biomasa $q_{max}= 1,13$ mmol/ g. Esta investigación aporta en la información sobre el proceso de biosorción de Zinc.

Santos (2010) en su investigación, “Biosorción de metales pesados empleando lodos activados”, se emplearon lodos activados procedentes de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, como material biosorbente; con el objetivo de biosorber cobre y zinc y determinar la influencia de: capacidad de biosorción, tiempo de equilibrio y pH. Se emplearon los lodos activados como biosorbente y fueron sometidos a inactivación térmica. A partir de los resultados obtenidos finales, se determinaron los siguientes parámetros de operación: masa óptima de biosorbente de 1,5 gramos, tiempo de equilibrio de 24 horas y rango de pH de 3,5 y – 4 y con una eficiencia de remoción de 98.73 % de Zinc y 67.97 % de Cobre. Concluyendo que los lodos activados empleados como biosorbente, se presenta como una alternativa para la remoción de metales pesados de drenajes ácidos. Esta tesis aporta en la determinación de la concentración de Zinc.

Asimismo, Sanga (2007), en su investigación “Remoción de metales pesados utilizando la pectina como material biodegradable”, evaluó el comportamiento de la pectina del albedo de naranja, con Níquel, Cobre, Zinc, Cadmio, Plomo y Mercurio, con distintas condiciones de pH y temperatura, de los resultados se tiene que, el Cobre es removido en un porcentaje máximo de 47% a un pH 1 y temperatura de 10°C formando un gel con la pectina, el Níquel en 100%., el Zinc en 64%, , el cadmio en

100% a pH 14 y 87 °C respectivamente, el plomo en 92,6% a pH 6,5 y 60,6°C. Concluyendo que, cuando se trata con pectina un drenaje ácido de mina se tiene que tener en consideración todos los cationes presentes en la solución. Dicha investigación aportará en la información del comportamiento del Zinc frente a una biomasa.

Por otra parte, entre los antecedentes locales se tiene a Salas (2018) en su investigación “Tiempo de contacto y PH de la cáscara de granadilla en la biosorción de zinc en aguas del río grande-Quiruvilca”, para ello, el diseño que se adaptó en la investigación fue factorial, la muestra fue distribuida en vasos de precipitación de 250 ml cada una a diferentes pH de 6, 8 y 10; en tiempos de 4, 8, 12, 16, 20 y 24 minutos. Los resultados muestran que el pH óptimo es de 10 con un tiempo de 24 minutos y una adsorción de 0,09 ppm de zinc, 99.96%, dichos datos de equilibrio se ajustan mejor a la isoterma de Langmuir con una adsorción máximo de 93.4579 ppm de zinc. Concluyendo que el pH y el tiempo influyen en la adsorción de Zinc. Este trabajo aporta en la información de la influencia del tiempo de contacto.

Para un mejor manejo y conceptualización del presente trabajo de investigación se definen los conceptos mencionados a continuación:

1.1.1. Biosorción

Este proceso se refiere a la captación de iones metálicos por medio de una biomasa viva o muerta (la diferencia es el poder tóxico de los metales, que puede afectar cuando se trabaja con biomasa viva), a través de mecanismos físicos y químicos, como la adsorción y el intercambio iónico.(Mejía, 2006).

Los cationes de los metales se unen por interacciones electrostáticas a los sitios aniónicos que se encuentran en los biosorbentes. Estos sitios que sirven como centros

activos para la biosorción se encuentran ubicados en los grupos de los carboxilo, hidroxilo, amino, sulfónico, que forman parte de la estructura de la mayoría de los polímeros de origen natural .La biosorción es continuo, hasta que se establece un equilibrio entre el sorbato disuelto y el sorbato biosorbido por la biomasa. (Cardona,2013).

1.1.2. Bioadsorción

La bioadsorción es considerada un tipo específico de adsorción basada en la capacidad de la biomasa o biomateriales para acumular agentes contaminantes en sus tejidos inertes. (Medellín et al. ,2017).

1.1.3. Factores que afectan el proceso de adsorción

Los factores son los siguientes: Influencia del pH de la solución, ya que afecta la carga de la superficie de los adsorbentes, así como el grado de ionización y especiación de los diferentes contaminantes, otro factor es el tamaño de partícula, la concentración inicial del adsorbato, la cantidad de adsorbente es el factor que va a limitar hasta cierto punto la concentración de metal que se adsorbe, es decir a mayor cantidad de adsorbente, obtendremos una mayor adsorción, pero lo ideal es llegar a una relación de equilibrio, entre la cantidad de adsorbente y la concentración de metal, para un óptimo resultado de adsorción, además otro proceso es la velocidad de agitación, tiempo de contacto, temperatura y dosis de adsorbente ión metálico (Sharma, 2015, p. 10).

1.1.4. Isotermas de adsorción

Para explicarlos se han propuesto diferentes ecuaciones.

Isoterma de Langmuir: Es una de las ecuaciones más conocidas y mejor fundamentadas. Se admite generalmente para la quimisorción y para la adsorción física a presiones bajas y temperaturas moderadamente altas. Su ecuación general es:

Ecuación 1: Ecuación de isoterma de Langmuir

$$C_e/q_e = 1/QK + C_e/Q \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde Q es la constante relacionada con los lugares ocupados y libres en la superficie del adsorbente. (Castro,2013, p 58)

Isoterma de Freundlich: Se usa para presiones bajas. Expresa la relación entre la concentración en el carbón y la concentración en la solución. Su ecuación general viene dada por:

Ecuación 2: Ecuación de isoterma de Freundlich

$$q_e = K [(C_e)]^{1/n} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde n es una constante adimensional que depende de la temperatura. Según, Castro,2013, p 58.

1.1.5. Capacidad de remoción del metal:

La remoción del metal se da al utilizar matraces Erlenmeyer (250 ml) con no más de 50 a 100 ml de solución de metal (V) de concentración de metal inicial conocida (C_i). Una serie de matraces con la misma solución recibe diferentes cantidades conocidas de biomasa (M). Los matraces que contienen esta suspensión diluida se colocan en un agitador, lo que permite el tiempo suficiente para desarrollar el equilibrio de sorción. El contenido de cada matraz se filtra y el filtrado se recoge y analiza para determinar la concentración de metal final o residual (en equilibrio) (C_f), la captación

de metal (u en miligramos de metal por gramo de biomasa) se calcula de acuerdo a la fórmula (Ec.1) (Castro et al., 2013).

Ecuación 3: Capacidad de remoción del metal

$$U = (V(C_i - C_f)) / M \quad \text{Ec. (3)}$$

1.1.6. Porcentaje de eficiencia.

La eficiencia es la relación que existe entre los objetivos logrados y los medios que se han utilizado para lograrlos (Gómez, 2003, p.346). Para elevar la eficiencia, dentro de un recurso ambiental, se da reduciendo el agotamiento del recurso original o reduciendo la contaminación causada por algún residuo (Jacobs, 1996, p. 191).

1.1.7. Estándares de medición de eficiencia

El indicador del porcentaje de eficiencia real de producción tiene por finalidad principal compartir las mejores características que generan éxito de acuerdo con los objetivos medidos (Montero et al., 2013, p.32).

Tabla 1: *Estándares de medición de eficiencias*

%EPR	Calificación	Competitividad
EPR < 65%	Inaceptable	Muy baja competitividad
65% < EPR < 75%	Regular	Baja competitividad
75% < EPR < 85%	Aceptable	Competitividad ligeramente baja
85% < EPR < 95%	Buena	Buena competitividad
EPR ≥ 95%	Excelente	Alta competitividad

Fuente: Escala valorativa del porcentaje Eficiencia Real (%EPR) de Producción alineado al cumplimiento de clase mundial.

Fuente: Una Herramienta de Mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo). Alonzo G. Hugo L. Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya. 2009. (Montero et al., 2013, p.32)

Modificado por los autores.

1.1.8. Ensayo de “prueba de jarras”

Las pruebas más representativas para determinar el comportamiento de los coagulantes y floculantes a escala pequeña es el ensayo de “Prueba de Jarra”. Es un método de simulación de los procesos de coagulación y floculación, realizado a nivel de laboratorio que permite obtener agua de buena calidad, fácilmente separable por decantación; los flóculos formados con diferentes dosis del coagulante dan como resultado valores de turbiedad diferentes. El objetivo es determinar las variables físicas y químicas de los procesos de coagulación; floculación y sedimentación; tales como:

- Selección del coagulante.
- Selección del pH óptimo.
- Gradientes y tiempos de mezcla rápida y floculación.
- Correlación de las velocidades de sedimentación.
- La eficiencia de remoción. (Fúquene, Yate, 2018, p. 3-4)

1.1.9. Metales pesados

La fase sólida está formada principalmente por minerales complejos, óxidos, sales y materia orgánica en diferentes etapas de descomposición, la mayoría de los compuestos de los metales potencialmente tóxico, se encuentran en cantidades fijadas por consideraciones de orden geológico y en formas químicas muy insolubles. Además, los metales pesados tienen una densidad mayor o igual a 6 g/cm^3 . (Bautista, 1999, p.31)

1.1.10. Elemento zinc:

El zinc, ligado a compuestos orgánicos es móvil en la planta, con una deficiencia de Zinc en los suelos calcáreos con pH arriba de 7, Además su concentración en las plantas varía considerablemente, este presenta posibles antagonismos con Litio y Rubidio, antagonismos con Cobre, Manganeseo y hierro y sinergismo con Cadmio y en su absorción de zinc es metabólicamente controlada, sin embargo, se llega a dar la biosorción no metálica, (Bautista, 199, p.74).

1.1.11. *Musa paradisiaca* - Plátano

Bananas y plátanos, originario de las regiones tropicales húmedas del sur-este asiático, desarrollándose simultáneamente en la India , Malacia y en las Islas de Indonesia.(Monzombite,2019). Además, los plátanos por ser un fruto climatérico, continua madurando después de la cosecha y se recolecta cuando está fisiológicamente maduro (verde-maduro). Su forma, tamaño y color, depende de la variedad cultivada. (Castro,2008).

1.1.12. Variaciones de *Musa paradisiaca*

Se tiene al plátano de isla, seda o guayaquil, guayabo o palillo, plátano de sancochar o dominico, de oro, el manzano, el monte Cristo o seda macho que son usados como consumo natural y sancochado, dependiendo de la zona de consumo (Pinchinat et al., 1986).

1.1.13. Producción (a nivel del Perú)

En el Perú, la producción anual de la *Musa paradisiaca*, es de 0.8 millones de toneladas, esto representa en los más altos volúmenes comparados a las demás frutas. Además, la zona de producción es las zonas de la selva alta con el 34% de total de

nacional, la situación actual, es que hay una pérdida de este fruto, por el déficit del traslado a los mercados (Pinchinat et al., 1986).

1.1.14. Residuos de cáscara de *Musa paradisiaca*

El plátano es uno de los cultivos más comunes en todos los países con clima tropical, de todo el fruto lo único que es consumido por el humano es la pulpa por lo que se generan grandes cantidades de desperdicio, este generalmente se coloca en basureros municipales lo que contribuye a la existencia de problemas ambientales. (Blasco y Gomez, 2014).

1.1.15. Cáscara de *Musa paradisiaca*

El principal subproducto del proceso industrial del plátano, es la cáscara la cual representa aproximadamente el 30% del peso del fruto; las aplicaciones potenciales para la cáscara de plátano dependen de su composición química.

La cáscara de plátano tiene una propiedad de adsorción, además, molida tiene la capacidad para extraer iones de metales pesados del agua y de los parámetros que intervienen en este proceso. La absorción de la cáscara de plátano se debe en gran parte a la lignina que son polímeros insolubles, presenta un elevado peso molecular, que resulta de la unión de varios ácidos y alcoholes fenopropílicos (cumarilico, coniferilico y sinapilico) (Blasco y Gomez, 2014).

1.1.16. Composición

El plátano deshidratado es un producto de buen valor nutritivo para ingerir en una buena dieta, su alto poder de calorías lo pone en un lugar importante dentro de los principales alimentos (Pinchinat et al., 1986).

Tabla 2: *Composición promedio del plátano- MINAM*

ELEMENTO	FRESCO	SECO
Calorías	100.0	300.0
Agua	74.9	10
Carbohidratos	21.2	66.0
Lípidos	0.4	1.2
Proteínas	1.3	4.2
Celulosa	0.6	4.2
Minerales (mg)		
Calcio	10	20
Cloro	113	310
Cobre	0.2	0.7
Fierro	0.6	4.8
Iodo	0.0	--
Magnesio	33	107
Fósforo	28	90
Potasio	400	1140
Sodio	2	0
Azufre	12	36
Zinc	0.2	0.7
Vitaminas		
A	0.1	--
B1	0.1	--

1.1.17. Normativa ambiental

Ley General del Ambiente – Ley N°28611:

Detalla que todas las persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, asimismo, menciona que el estado es el encargado de controlar y promover el aprovechamiento sostenible de las aguas continentales, viendo acerca de sus condiciones, entorno,

calidad y asignación en cuanto a sus objetivos sociales, mediante la gestión integrada del recurso hídrico.

Ley de Recursos Hídricos- Ley N°29338

Su finalidad es regular el uso y gestión ambiental integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta. Es por ello, que crean Sistemas y autoridades nacionales (Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, Autoridad Nacional del Agua) que ayudan a concretar los procesos de gestión y conservación de los recursos hídricos en los espacios de cuencas, de coordinación entre entidades públicas y actores implicados. Por otro lado, hace hincapié en la declaratoria de estados de emergencia de recursos hídricos.

Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales:

Es un instrumento que normaliza los criterios y procedimientos para llevar a cabo el monitoreo de calidad de los recursos hídricos, para todo tipo de fuentes hídricas, ya sean continentales (ríos, lagos, quebradas, etc.) o marino costeros (playas, estuarios, manglares, etc.).

Estándares de calidad ambiental del zinc en agua:

El Decreto Supremo N°004-2017-MINAM “Aprueban estándares de calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias” en donde determinan el nivel de concentración de zinc que tiene que tener las aguas superficiales, para ello, se ubica en la Categoría 3 : Riego de vegetales y bebidas de

animales , y subcategoría D1 : Riego de Vegetales; en donde el valor límite de concentración de zinc es de 2 ppm.

Tabla 3: *Parámetros de calidad de Zinc para el riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto – MINAM.*

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Plomo	ppm	0,06
Selenio	ppm	0,05
Zinc	ppm	2

Resolución Jefatural N°196 – 2018- ANA: Declaran el Estado de Emergencia de recursos hídricos por inminente riesgo de afectación de la calidad del agua del río Moche:

Emite la declaración de emergencia de recursos hídricos del Río Moche, en el que la Administración Local de Agua Moche-Viru-Chao, realizó previamente supervisiones al vertimiento de aguas residual industrial tratada de la Compañía Minera Quiruvilca, y siete (07) monitoreos de la calidad del agua del río Moche, estos resultados indican concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo, zinc y sulfatos que superan los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA para agua) para la Categoría 3. Esto se produjo por el rebose de agua de subdrenaje de la relavera Santa Catalina que llega al río Moche, además del abandono dicha unidad de producción, lo que generó un impacto ambiental negativo sobre las aguas, quedando sin tratamiento las aguas ácidas provenientes.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye la dosis y el tiempo óptimo de contacto de la cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de zinc del agua del río San Lorenzo, Shorey?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la dosis y el tiempo óptimo de contacto de la cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de zinc en aguas del río San Lorenzo, Shorey.

1.3.2. Objetivo específico

- Determinar la concentración inicial de zinc en las aguas del río San Lorenzo, Shorey.
- Evaluar la influencia de la dosis óptima de cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de zinc en las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.
- Evaluar la influencia del tiempo de contacto óptimo de cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de zinc en las aguas del río San Lorenzo, Shorey.
- Evaluar la influencia del porcentaje de remoción de la cáscara de *Musa paradisiaca* en el proceso de remoción de zinc de las aguas del río San Lorenzo, Shorey.

1.4. Hipótesis

H1: La influencia del tiempo de contacto y dosis óptimo de cáscara de *Musa paradisiaca* es significativa en la remoción de zinc en las aguas del río San Lorenzo, Shorey.

H0: La influencia del tiempo de contacto y la dosis óptimo de cáscara de *Musa paradisiaca* no es significativa en la remoción de zinc en las aguas del río San Lorenzo, Shorey.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Esta investigación es experimental, del tipo pre experimental, ya que se mide el efecto de las variables independientes para observar cambios en la variable dependiente, es decir, se pretende investigar el tiempo de contacto y dosis óptimo de cáscara de plátano en la remoción de zinc.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

La población es el agua del Río San Lorenzo, ubicado en Shorey en la provincia de Santiago de Chuco del departamento de La Libertad.

2.2.2. Muestra

Se realizó una muestra de 30 litros de agua del Río San Lorenzo, el cual tiene confluencia con la quebrada Los negros y el río Shorey.

2.2.3. Materiales

- Vasos de precipitación de vidrio ISOLAB de 100, 250, 500 mL.
- Pipeta de vidrio de 5 y 10 ml.
- Embudo de plástico ISOLAB.
- Fiolas de vidrio BOECO de 50, 100, 250 ml.
- Micropipetas BOECO 1000 y 5000 μ L.
- Puntas para micropipetas de plástico.
- Luna de reloj de vidrio ISOLAB.
- Cocina eléctrica OFINEZZA.
- Lentes de protección.

- Varilla de agitación de vidrio
- Tamices FORNEY N° 20, 40 y 60.
- Molino manual.
- Papel filtro de paso rápido.
- Pastillas de agitación magnéticas.
- Guantes de látex ROBBERCARE.
- Mascarillas para gases 3M.
- Bolsas de plástico herméticas ZIPLOC.
- Bandejas metálicas de 26x19 cm

2.2.4. Instrumentos o Equipos

- Multiparámetro de medición de pH y conductividad Marca: HACH. Modelo: Hq40d
- Espectrofotómetro de absorción atómica. Marca: Agilent Technologies. Modelo: 240FS.
- Balanza analítica de precisión. Marca: Ohaus. Modelo: PA224C
- Horno de esterilización. Marca: Memmert. Modelo: UN30.
- Agitador magnético de 6 posiciones. Marca: Velp. Modelo: MULTISTIRRER Digital 6.
- Turbidímetro. Marca: Hach. Modelo: 2100Q
- Balanza digital gramera. Marca: OHAUS. Modelo: SJX622/E
- Bomba el vacío/presión de alta calidad Marca GAST Modelo DOA-P504-
- BN.

- Purificador de agua ultrapura Marca THERMO SCIENTIFIC. Modelo:
MICROPURE ST.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos fueron la observación experimental porque se elaboraron datos en condiciones controladas relativamente por el investigador al utilizar las fichas de registro de datos usando el protocolo “Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” para el análisis de agua y realizar el proceso de remoción, además se usó la observación para la descripción de las características del lugar de muestreo.

Asimismo, se desarrolló el análisis documental de fuentes secundarias a través de libros electrónicos, libros en físico, revistas y folletos para recolectar información acerca de las variables de interés.

2.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos aplicados en esta investigación son la cadena de custodia, ficha de monitoreo de agua, ficha de descripción del lugar, registro de datos de la concentración inicial y final de zinc.

Para los instrumentos que se utilizaron en el anexo 5 de esta investigación, se ha tenido en cuenta el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Asimismo para tener una validación estadística se usó el software Minitav V.19.

2.3.3. Método Estadístico

El método estadístico consiste en una secuencia de procedimientos para el manejo de los datos cuantitativos que se analizó mediante el software Minitab V19.

Con la finalidad de comprobar las hipótesis nulas y alternas se utilizó el diseño de investigación de análisis de varianza con tres factores con un diseño mixto DOE (Diseño de experimentos), el cual permite estudiar simultáneamente los efectos de tres factores de variación (diseño factorial), factor A entre-sujeto (tiempo de contacto), factor B intra-sujeto (masa de biosorción) y C intra-sujeto (punto de muestreo).

Diseño Factorial

Basado en la tesis de Choquejagua (2018), se evaluaron dos factores cuantitativos: tiempo de contacto con tres niveles y masa de biosorbente con tres niveles, siendo $a*b: 3*3= 9$ grupos experimentales y un factor cualitativo: puntos de muestreo con 3 niveles, habiendo un total de 27 pruebas.

Factor A: Tiempo de Contacto

A1: 12 hr

A2: 24 hr

A3: 48 hr

Factor B: Masa de biosorbente

B1: 5 g

B2: 10 g

B3: 15 g

Factor C: Puntos de Muestreo

C1: P01

C2: P02

C3: P03

Tabla 4: Combinaciones para la prueba de biosorción de la cascara de plátano

. Elaboración propia.

TIEMPO DE CONTACTO (A)	12 HR (A1)			24 HR (A2)			48 HR (A3)		
	Masa de Biosorbente (B)	5 (B1)	10 (B2)	15 (B3)	5 (B1)	10 (B2)	15 (B3)	5 (B1)	10 (B2)
P01 (C1)	A1*B1*C1	A1*B2*C1	A1*B3*C1	A2*B1*C1	A2*B2*C1	A2*B3*C1	A3*B1*C1	A3*B2*C1	A3*B3*C1
P02 (C2)	A1*B1*C2	A1*B2*C2	A1*B3*C2	A2*B1*C2	A2*B2*C2	A2*B3*C2	A3*B1*C2	A3*B2*C2	A3*B3*C2
P03 (C3)	A1*B1*C3	A1*B2*C3	A1*B3*C3	A2*B1*C3	A2*B2*C3	A2*B3*C3	A3*B1*C3	A3*B2*C3	A3*B3*C3

2.4. Procedimiento

2.4.1. Ubicación de los puntos de muestreo del Río San Lorenzo, Shorey.

Para la ubicación de los puntos de muestreo de esta investigación se tomó en cuenta el “Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” (Resolución Jefatural N°010-2016- ANA). El monitoreo se realizó en el río San Lorenzo, ubicado en Shorey en la provincia de Santiago de Chuco del departamento de La Libertad, en dicho lugar se tomó muestreo en tres puntos diferentes, punto de muestreo 01 (RSlor 1) con coordenadas UTM, -8.142430 de longitud y -78.273156 de latitud; punto de muestreo 02 con coordenadas UTM, LONG: -8.142599 y LAT: -78.278551 (RSlor 2) punto de muestreo 03 con coordenadas UTM LONG: -8.142613 y LAT: -78.280856 (RSlor 2) (ver anexo N°3), para identificar las coordenadas de ubicación de la zona muestreada se usó la herramienta informática Google Earth. Además, en dicho lugar se registró las observaciones en una ficha de campo (ver anexo N°3).

Tabla 5: Puntos de muestreo del agua del Río San Lorenzo, a la altura de Shorey

Punto de Muestreo	Coordenadas UTM: Modelo	Cantidad de Muestra
01 (RSlor 1)	E: 792668.00 S: 9114616.00	10 litros
02 (RSlor 2)	E:792532.00 S: 9114785.00	10 litros
03 (RSlor 3)	E: 792789.00 S:9114582.00	10 litros

Planificación del monitoreo de agua del Río San Lorenzo, Shorey.

Para realizar el monitoreo de las muestras de agua de esta investigación se tomó en cuenta el “Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” (Resolución Jefatural N°010-2016- ANA).

2.4.2. Premonitoreo

En esta etapa, se planificó el monitoreo desde la ubicación de los puntos de muestreo hasta la preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección, para ello, se estableció la red de puntos de monitoreo del recurso hídrico superficial de manera preliminar en gabinete, con la ayuda de un mapa hidro geográfico de la cuenca a través de Google Earth. Asimismo, los criterios para ubicar los puntos de muestreo fueron los siguientes: lugar de fácil acceso, evitando caminos rocosos, vegetación densa, fangos, aguas con baja turbulencia.

Por otro lado, se identificó los Parámetros fisicoquímicos, metales pesados, y microbiológicos para analizar exsitu. Por último, se realizó la preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección para el monitoreo de la calidad de agua del río San Lorenzo, Shorey para tener la seguridad en el trabajo de campo.

2.4.3. Monitoreo

El muestreo se realizó con el reconocimiento del entorno y el llenado de las fichas (Anexo 5), características físicas, presencia de vegetales y animales, entre otros factores que degraden o modifiquen las características naturales del cuerpo de agua. Por otro lado, se realizó el rotulado en los recipientes con etiquetas autoadhesivas indicando, el nombre del solicitante, código del punto de muestreo, tipo de cuerpo de agua, fecha y hora de muestreo, nombre del responsable de la toma de muestra,

tipo de análisis requerido, preservación y tipo de reactivo. Para la preservación de las muestras se usó el ácido clorhídrico y se aseguró la calidad de los resultados y de esta manera transportarlos al laboratorio.

2.4.4. Posmonitoreo

Al llegar las muestras al laboratorio, se pasó a analizar y así procesar los datos obtenidos para su elaboración del informe técnico del monitoreo.



Figura 1: Proceso del monitoreo de agua del Río San Lorenzo, Shorey

2.4.5. Preparación de Biomasa

Para la preparación de bioadsorción de la cáscara de *Musa paradisiaca* se tomó como guía modificada a la investigación de Castro (2015). Dicha cáscara fue procesada de la siguiente manera

- a. *Selección y pelado*: Se usó la cáscara en un óptimo estado de madurez para evitar su rápida descomposición y garantizar su proceso de bioadsorción. Se

recolecto una muestra de 20 kilogramos de cáscara de *Musa paradisiaca*, para luego cortarlas en trozos de 2 cm mediante un cuchillo desinfectado.

- b. *Limpieza*: Las cáscaras se sometieron a un lavado a chorro con agua destilada a temperatura ambiente, para eliminar las impurezas y compuestos sólidos.
- c. *Secado*: Después de una limpieza, mediante una estufa a una temperatura de 65 °C se secó la cáscara de *Musa paradisiaca* por 2 días.
- d. *Molienda*: Con la ayuda de un molino de mano, se pulverizó la cáscara de *Musa paradisiaca* seca.
- e. *Tamizado*: Para homogenizar las partículas molidas se tamizó con una malla número 100, según la norma ASTM.

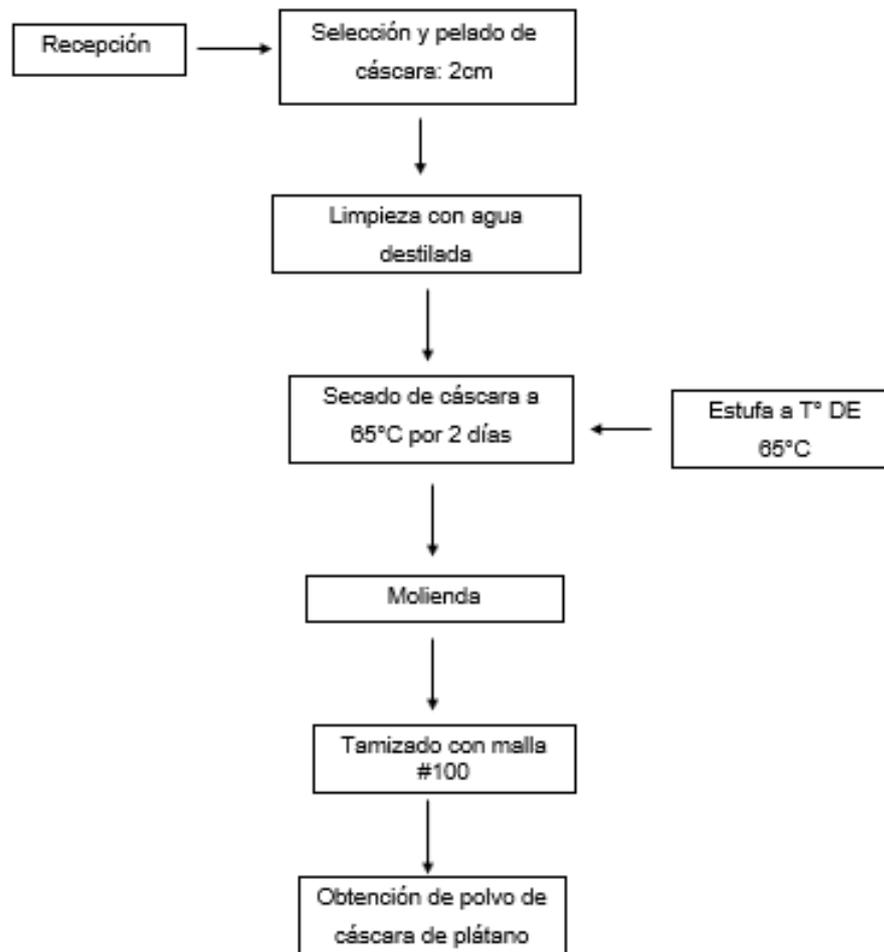


Figura 2: Proceso de la preparación de la cáscara de *Musa paradisiaca* para la biosorción Zinc de la muestra del agua del Río San Lorenzo, Shorey.

2.4.6. Proceso de Remoción

Ensayos Experimentales

Para los ensayos experimentales volumétricos, gravimétricos y de espectrofotometría en el laboratorio se ha tomado como guía modificada a la investigación de Choquejahuá (2018). Primero se pesó 5g, 10g y 15g de cáscara de *Musa paradisiaca* procesada para añadirle 500 ml de la muestra de agua a un vaso de precipitación y de esta manera llevarlas a la prueba de test de jarras con un tiempo de 12, 24 y 48 horas

con una agitación de 100 rpm. Teniendo en cuenta que la temperatura y el pH no se modificaron, después, las muestras tomaron un reposo de 30 minutos en los vasos de precipitación con la finalidad de que las partículas sedimenten para posterior filtrarlos.

Finalmente, se conserva en frascos de polietileno con 0.3 ml de ácido sulfúrico 98% (H₂SO₄) cada muestra y la muestra en blanco con 100 ml con la concentración inicial de Zinc.

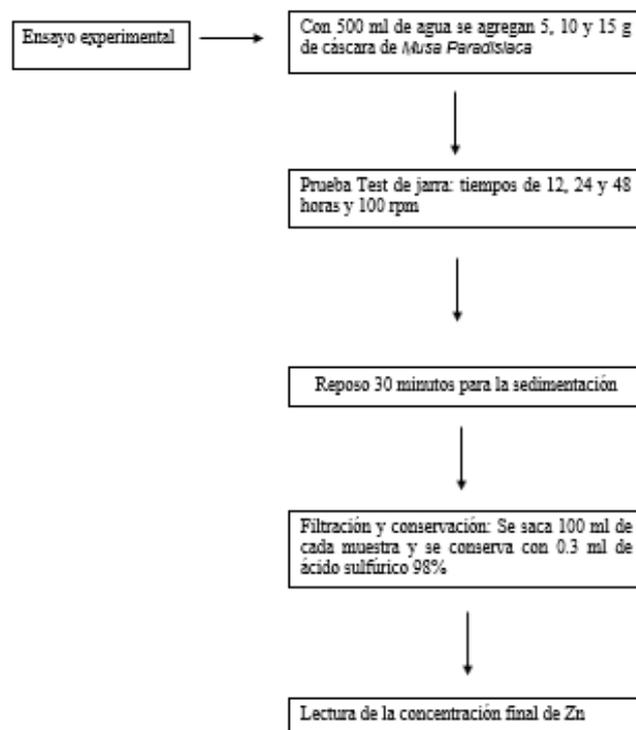


Figura 3 : Proceso de ensayos experimentales en el laboratorio

2.4.7. Método de Espectrofotometría

El método de Espectrofotómetro de Absorción atómica Marca: Perkin Elmer AAnalyst 300 se usó para la lectura de Zinc en las muestras del Río San Lorenzo. Y para ello primero se procedió a preparar el estándar para la curva de calibración.

- Preparación de estándares de la curva de calibración

En primera instancia se prepara las soluciones estándar intermedias de 100 ppm de Zinc, tomar 10,0 ml del respectivo patrón de 1000 ppm y llevar a un volumen con agua desionizada en balón aforado de 100 mL. Luego se procede a preparar 3 estándares de alta, media y baja concentración hasta cubrir el rango de linealidad para validar de acuerdo al manual del Espectrofotómetro Perkin Elmer. Y esto se realiza de la siguiente manera.

Estándares para la curva de calibración de Zinc Total y Zinc Soluble de 0.25, 0.5 y 10 ppm. El estándar de ajuste o chequeo es de 1.0 ppm. Para ello se preparó una solución intermedia de 10,0 ppm a partir de la solución intermedia de 100,0 ppm, después se toma 10 ml de esta solución y lleve a volumen en un balón aforado de 100 mL. con agua acidulada, luego se preparó un estándar de 5,0 ppm a partir de la solución intermedia de 100,0 ppm, y se toma 5 mL de esta solución y se lleva a un volumen en un balón aforado de 100 ml, con agua acidulada.

Asimismo, se preparó un estándar de 1,0 ppm a partir del estándar de 10,0 ppm, y se toma 10 ml de esta solución para llevarlo a un volumen en un balón aforado de 100 ml, con agua acidulada. Por otro lado, se prepara un estándar de 0,5 ppm a partir del estándar de 10,0 ppm, tome 5 ml de esta solución y lleve a volumen en un balón aforado de 100 ml, con agua acidulada. Finalmente se preparó un estándar de 0,25 ppm a partir del estándar de 5,0 ppm, tome 5 ml de esta solución y se llevó a volumen en un balón aforado de 100 ml, con agua acidulada.

- **Para la preparación de estándares de Control de la digestión**

Se agrega 1 ppm de Zinc, a partir del estándar intermedio de 100 ppm de cada metal, adicionar 1 ml a un balón aforado de 100 ml y completar a volumen de 100 ml con agua desionizada.

- **Determinación de Zinc**

Ingresar la curva de calibración al equipo de acuerdo al instructivo y se realiza la lectura a cada una de las muestras. La concentración de la muestra no debe sobrepasar el rango de concentración, ni la absorbancia obtenida. Antes de la lectura se enjuagó el equipo. Posteriormente se apaga el equipo siguiendo la instrucción del equipo, luego, el equipo reporta la concentración de cada ion metálico en ppm referente a apropiada curva de calibración.

- **Evaluación de la eficiencia de biosorción**

Mediante la ecuación de porcentaje de remoción hidráulica se evalúa la eficiencia de remoción de la carga orgánica (Romero, Colín, Sánchez y Ortiz, 2009, p. 160).

Ecuación 4: Ecuación del porcentaje de biosorción de Zinc

$$\% R = ((C_i - C_f) / C_i) * 100 \quad \text{Ec. (4)}$$

Dónde: C_i es la concentración inicial

C_f es la concentración final de Zn en ppm.

2.5. Aspectos éticos

La presente tesis se ha elaborado bajo los criterios éticos y todas las condiciones requeridas, desde la selección de información, fuentes confiables, repositorios de diferentes universidades, etc.

De tal manera, se respetará los derechos de autor sin incurrir en plagio y mantendrá en privado toda la información confidencial compartida.

De la misma manera, los resultados que se presentarán serán manejados responsablemente, utilizando materiales en buen estado, instrumentos calibrados y comprobados estadísticamente para constatar la validación de la tesis.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Los resultados obtenidos al analizar la determinación de la influencia de la dosis y el tiempo óptimo de contacto de la cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de zinc en aguas del río San Lorenzo, Shorey, es la siguiente:

3.1. Determinación de la concentración inicial y final del zinc en las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.

Tabla 6: *Resultados de muestreo de la concentración inicial y final al realizar el proceso de remoción de Zinc en el río San Lorenzo*

Tiempo de Contacto	Masa de Biosorbente	Concentración final de Zinc		
		Puntos de muestreo		
		P01	P02	P03
12 hrs.	5	0.9008	0.8066	0.8184
	10	0.7790	1.0514	1.0703
	15	0.9640	1.0014	1.0022
24 hr	5	1.0231	1.0624	1.0846
	10	1.4443	1.5466	1.6459
	15	1.1923	1.2854	1.2868
48 hr	5	1.2376	1.2494	1.3166
	10	2.0819	2.0879	2.2552
	15	1.2750	1.3969	2.3181

Concentración Inicial: 5.06 ppm

Nota: En la tabla 6 muestra que la concentración inicial de Zinc es de 5.06 ppm y que la concentración final más óptima es de 0.7790 ppm.

3.2. **Evaluar la dosis óptima de la cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de zinc en las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.**

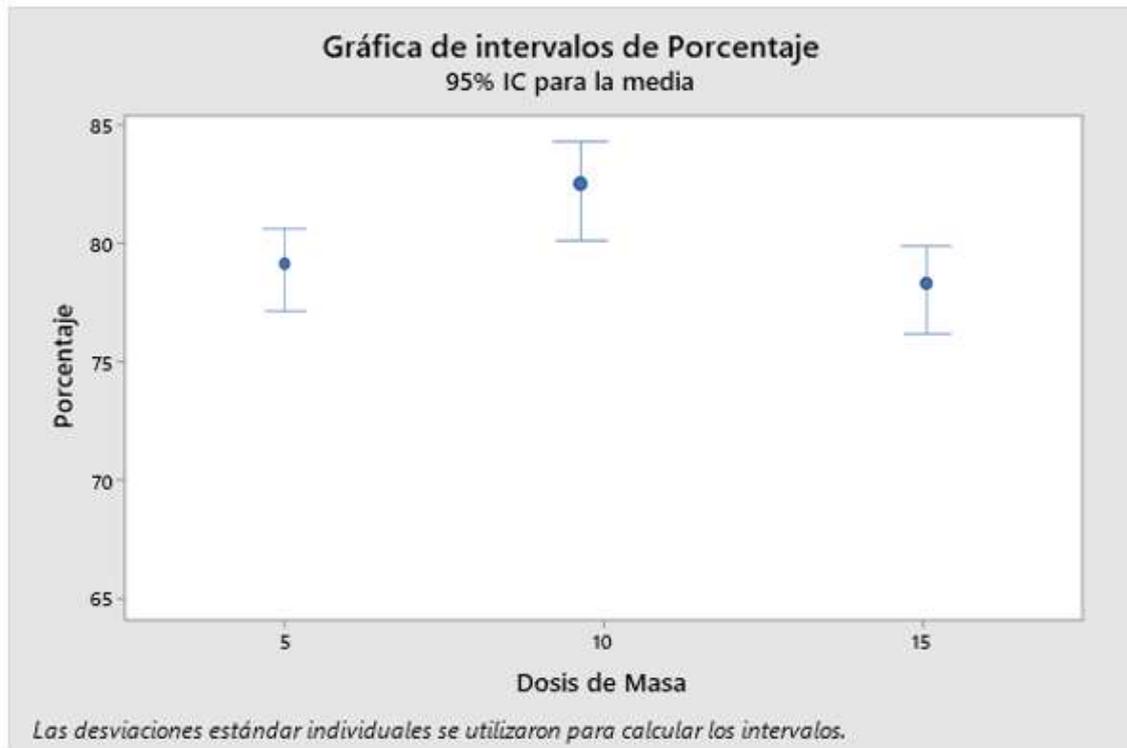


Figura 4: Gráfica de intervalos de porcentaje vs dosis de Masa

Nota: En la figura 4, refleja la dosis de masa con 5, 10, 15 g de la cáscara de *Musa paradisiaca* y el mayor porcentaje de remoción es con la dosis de 10 g en la remoción de zinc en las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.

3.3. Evaluar el tiempo de contacto óptimo de cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de zinc en las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.

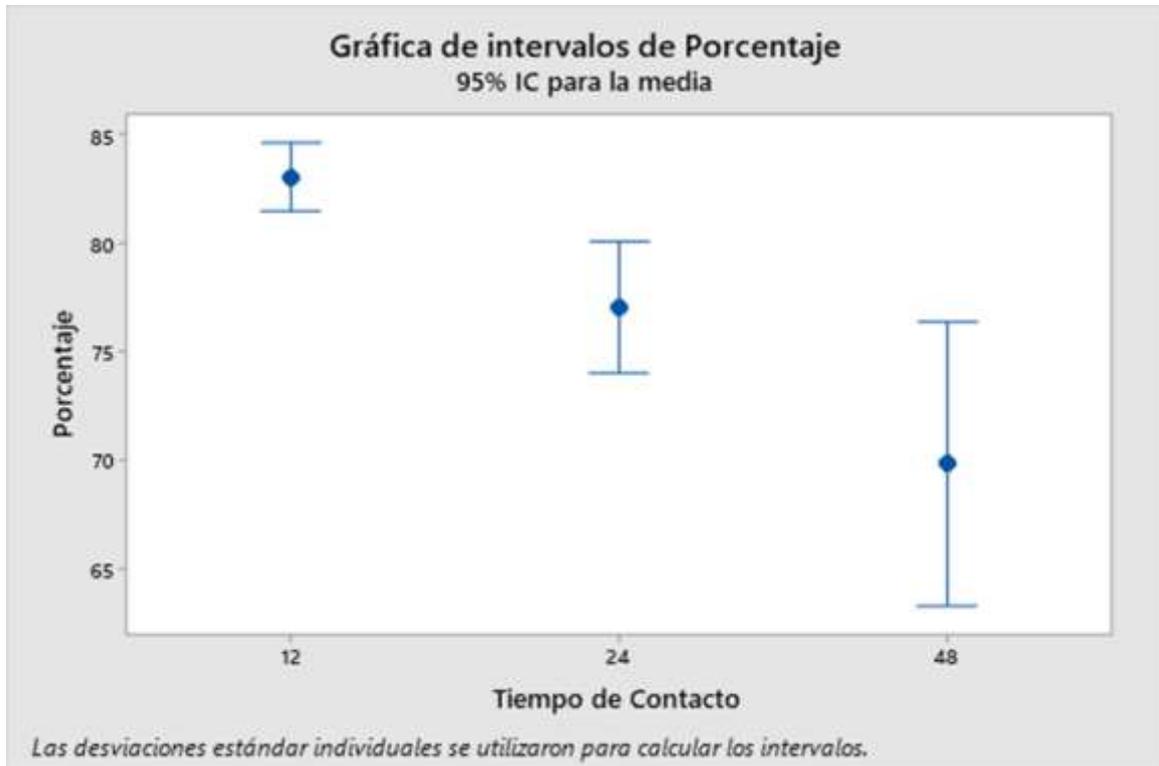


Figura 5: Gráfica de Intervalos de Porcentaje vs Tiempo de Contacto

Nota: En la figura 5, muestra el tiempo de contacto con 12, 24, 48 hrs en la remoción de la cáscara de *Musa paradisiaca* obteniendo un resultado óptimo con 12 hrs en el proceso de dicha remoción.

3.4. Evaluar el porcentaje de remoción de la cáscara de *Musa paradisiaca* en el proceso de remoción de zinc de las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.

Tabla 7: *Porcentaje de remoción de la cáscara de Musa paradisiaca en el proceso de remoción de Zinc de las aguas del río San Lorenzo, Shorey.*

Tiempo de Contacto	Masa de Biosorbente	Concentración final de Zn		
		Puntos de muestreo		
		Porcentaje P01	Porcentaje P02	Porcentaje P03
12 hr	5	84	85	85
	10	86	81	81
	15	83	82	82
24 hr	5	82	81	81
	10	74	72	71
	15	79	77	77
48 hr	5	78	78	76
	10	63	63	60
	15	77	75	59

Nota: En la tabla 7, muestra que el de mayor porcentaje de remoción de Zinc de las muestras del agua del Río San Lorenzo, Shorey usando la cáscara de *Musa paradisiaca* tiene las condiciones óptimas de 12 hrs, con 10 g y en el punto de muestreo P01.



Figura 6: Gráfica factorial de los efectos principales en la concentración de Zinc del agua del Río San Lorenzo, Shorey.

Nota: En la figura 6, se analiza que la dosis óptima es de 10 g y el mejor tiempo de contacto es de 12 hrs para la remoción de zinc en el agua del Río San Lorenzo, Shorey.

3.5. Prueba de Hipótesis Distribución Normal

Criterio

H0 = Si $P > 0.05$ se acepta: Los datos de la muestra según el ensayo siguen una Distribución Normal

H1= Si $P < 0.05$ se rechaza: Los datos de la muestra según el ensayo no siguen una Distribución Normal

RESUMEN DEL DISEÑO

Factores:	3	Réplicas:	1
Corridas base:	27	Total de corridas:	27
Bloques base:	1	Total de bloques:	1



Figura 7: Gráfica de probabilidad normal de porcentaje de biosorción de Zinc del agua del río Shorey

Nota: En la figura 7, se observa que de acuerdo a los resultados obtenidos en el procesamiento de los datos en el Minitab V.19, el valor de P es igual a 0.176, es decir, el P es mayor que 0.05 y se concluye que es aceptable, según Anderson Darling los datos de probabilidad de Zinc siguen una distribución especificada o normal

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En la presente investigación, al analizar las muestras del Rio San Lorenzo ubicado en la cuenca Moche, se obtuvo una concentración inicial de 5.06 ppm de Zinc (Tabla 6), lo cual al comparar con los estándares de calidad ambiental (ECA) de agua en la Categoría 3: Riego de Vegetales y bebida de animales aprobada mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, resulta que el estándar es de 2 ppm (anexo 16), por ende, la concentración inicial se encuentra por encima de dicho estándar. Esto se debe principalmente al abandono de la Mina Quiruvilca, al declararse en ruina y dejando sin ningún tipo de control y mitigación los relaves mineros producidos. Sin embargo, no solo existe presencia de Zinc en el río San Lorenzo, según Peña et al (2017).

Además, según el Decreto Supremo N°204-2020-PCM, las provincias de Otuzco que tienen efluentes al río Moche y la provincia de Trujillo están declarados en Estado de Emergencia por los peligros que se genera por la contaminación de aguas superficiales del río Moche. Frente a esta problemática, se plantea el método de biosorción, a través de uso biomasa para adsorber los metales pesados compuestos por minerales complejos como es el Zinc, que a pesar de ser un compuesto orgánico, en altas concentraciones ocasiona daños irreparables en los recursos, siendo la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) una alternativa para absorber el metal antes mencionado, según Gonzalo y Guerra (2016) la cáscara de la *Musa paradisiaca*, tiene los principales componentes para adsorber y estas son: celulosa (25%), hemicelulosa (15%) y lignina (60%).

Para poder desarrollar el proceso de biosorción, se evaluó el resultado óptimo de la dosis, el tiempo de contacto y, por ende, el porcentaje de remoción de Zinc en las aguas del río San Lorenzo, durante el proceso, se determinó la concentración más baja de zinc con valor de 0.7790 ppm y la mayor concentración es de 2.3181 ppm. (tabla 6). En relación a la dosis se usó 5, 10 y 15 g de la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*), obteniendo los mejores resultados de remoción con la cantidad 10 g de dicha cáscara (figura 4). A su vez, Castro (2015), obtuvo resultados que reflejan que la cáscara de plátano presenta un gran potencial para la remoción de Plomo (II) y Cromo (VI), debido a los grupos funcionales (hidroxilos, carboxilos y alquilo), presentes en su estructura molecular, la relación de gramos de adsorbente por litro de solución es un factor muy importante en el proceso de adsorción ; esta variable limita la cantidad máxima de iones de plomo (II) y cromo (VI) que la cáscara de banano puede adsorber ; a mayor relación g/L mayor porcentaje de adsorción ; es necesario encontrar una relación para el equilibrio entre la cantidad de cáscara gastada y el porcentaje obtenido de remoción.

Romero (2017), uso 5 y 10 g de pepa de aceituna para remover Plomo en 2 litros de efluente siendo el porcentaje 96.1% mayor con la dosis, sin embargo, Ccencho (2018), afirma que la dosis más óptima fue de 5 g de biomasa seca de la cáscara de plátano al absorber arsénico. Estas cantidades de producto adsorbente en relación al medio en el cual es colocado es variable y varia su porcentaje de remoción de acuerdo al metal que se busca remover.

Vizcaino y Fuentes (2014), en su investigación llega a la conclusión que lo ideal es que a mayor dosis de biomasa la eficiencia de absorción sea mayor, Sin

embargo, Ccencho (2018), quien experimento directamente con la cáscara de plátano obtuvo mayor porcentaje de remoción con una cantidad de adsorbente mínima.

Entonces debido al mayor el número de sitios activos , hay mayor porcentaje de remoción y mayor cantidad de producto adsorbente, sin embargo para el caso de la cáscara de plátano, no sucede porque cuando existe mayor biomasa es complicada la dispersión de estas para su mejor contacto de los grupos activos en el sorbato metálico, lo que genera una menor captura de iones de metales. En relación con la investigación, los resultados óptimos fueron en una dosis media, en tal sentido se entiende que la dosis perfecta no debe ser muy cargada ni muy pobre de biomasa, para así llegar a un porcentaje de biosorción máximo.

Por otro lado, también se determinó que el tiempo de contacto óptimo fue de 12 horas (figura 5), Mientras que Portilla, (2016), analizó aguas contaminadas con plomo y zinc, en donde trabajaron con malla de 200, con un tiempo de contacto de 32 horas logrando obtener un porcentaje de 86,64% Plomo y 65,79% Zinc en las aguas residuales de laboratorio químico usando la cáscara de plátano. Mientras que Hurtado (2016), usó 3 horas de tiempo de contacto con 25 g la cáscara de plátano y las muestras de agua absorbiendo 0.012 ppm de mercurio, 0.0005 ppm de cadmio, 0.004 ppm de arsénico, 0.0076 ppm de plomo y 0.0049 ppm de cromo. Estas variaciones según Albis et al. (2016), se dan por la diferencia de dosis de biomasa y concentración del adsorbato, es así que el tiempo de contacto está en función al tiempo de ruptura y saturación de la biomasa.

La *Musa paradisiaca*, en la biosorción de zinc demuestra ser un buen biosorbente, ya que, logra remover el 86% (Tabla 7), reduciendo de 5.06 ppm a

0.7790 ppm (tabla 6), esto se debe principalmente a la lignina, esto lo confirma Rios (2014), por lo que menciona que la cáscara de banano molida tiene una propiedad de adsorción alta, debido a su gran porcentaje de lignina, siendo estos polímeros insolubles, que resulta de la unión de ácidos con alcoholes fenilpropílicos generando una estructura tridimensional. De la misma manera Cencho (2018) confirma que la adsorción de la cáscara de plátano se debe a La lignina, al ser un polímeros insolubles y por su unión aleatoria de los ácidos y alcoholes fenilpropílicos.

Gonzalo y Guerra (2016) determinaron el porcentaje de remoción fue de 66.37%, operando con una velocidad de agitación de 80 rpm, y una temperatura de 80 °C, comprobando que la cáscara de plátano (*Musa sapientum*), posee capacidad de adsorción para plomo y zinc en agua. Sin embargo, existen otros factores que influyen en el proceso de biosorción, como el pH, el tamaño de la partícula y temperatura, en el presente trabajo de investigación se trabajó con un pH inicial de 7.35, con un número de malla 100 y a temperatura normal. Se tiene como precedente a Apaza (2015) trabajó con un pH 8,93 para absorber 99.06% zinc.

En consecuencia, la dosis y el tiempo de contacto de la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) influyen en la remoción de un metal, con la finalidad de obtener mejores resultados en el porcentaje de remoción, como lo fundamenta Romero, Colín, Sánchez y Ortiz (2009), el porcentaje de remoción evalúa a la eficiencia de este proceso, (Montero et al., p.32) menciona que el indicador del porcentaje de eficiencia real de producción tiene por finalidad principal compartir las mejores características que generan éxito de acuerdo con los objetivos medidos, por tal sentido, al obtener 86 % de biosorción de zinc como máximo y 59% como mínimo,

se dice que existe una influencia de la dosis y tiempo de contacto de la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) en la remoción de zinc.

Finalmente, con esta propuesta la población de Shorey quien tiene el río de San Lorenzo, puede llegar a tener una mejor condición ambiental, seguridad y desarrollo agrícola. Y de esa manera, el río Moche podría reducir sus niveles de concentración de metales bajando el riesgo de contaminación en los pueblos aledaños de la cuenca Moche.

4.2. Conclusiones

- Se determinó la concentración inicial de zinc en las aguas del río San Lorenzo, Shorey, con un valor de 5.06 ppm superando los estándares de calidad ambiental y se logró disminuir a 0.7790 ppm, mediante un proceso de biosorción
- Se evaluó que al usar 500 ml de muestra en 5 g, 10 g y 15 g, la dosis que más influenció en el proceso de biosorción de zinc es de 10 g, ya que no se puede usar mayor biomasa porque las partículas no se dispersan con facilidad para interactuar con los iones metálicos.
- Se evaluó la influencia de 3 tiempos de contacto como 12, 24 y 48 hrs, determinando que con 12 hrs se obtuvo mejores resultados por absorber 86% de zinc, esto se debe a que menor tiempo de contacto es más eficiente la remoción.
- Se evaluó el porcentaje de biosorción de la cáscara de *Musa paradisiaca*, obteniendo un resultado óptimo de 86%, con un pH inicial de 7.35, y temperatura ambiente.

REFERENCIAS

- Albis, A., Martínez, Jader., E., y Santiago, Pablo.(2016). Remoción de zinc (II) de soluciones acuosas usando cáscara de yuca (*Manihot esculenta*): experimentos en columna. *Prospect*, 15 (1), 16-28. doi: 10.15665/rp.v15i1.773
- Apaza, D. (2015). *Remoción de metales plomo (pb) y zinc (zn) de las aguas del rio toro qocha por precipitacion alcalina en la ciudad de Juliaca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentasti, E., Sarzanini, C., y Barberis, R. (2002). Distribution and Mobility of Metals in Contaminated Sites. Chemometric Investigation of Pollutant Profiles. *Environmental Pollution*, 119 (2) , 177-193. doi: 10.1016/s0269-7491(01)00333-5
- Bautista, F. (1999). *Introducción del suelo por Metales Pesados*. Yucatan, México: Anagrama. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Bautista-2/publication/236954595_Introduccion_al_estudio_de_la_contaminacion_del_suelo_por_metales_pesados/links/565c479b08aeafc2aac702d1/Introduccion-al-estudio-de-la-contaminacion-del-suelo-por-metales-pesados.pdf
- Bautista, A., (2008). *Bioadsorción de metales pesados mediante el uso de biomasa bacteriana aislada de jales mineros* (Tesis de maestría). Instituto tecnológico y de estudios superiores de monterey, Atizapán de zaragoza.
- Boada, P. (2015), *Estudio del proceso de biosorción de contaminantes en efluentes acuosos mediante cilantro (Coriandrum sativum)*(Tesis de pregrado). Universidad central del Ecuador, Quito.

- Blasco, G., y Gómez, F.(2014).Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*).*Revista Médica*, 14 (23), 22-25.
- Castro, B. (2015).*Uso de la cáscara de banano (musa paradisiaca) maduro deshidratda (seca) como proceso de bioadsorción para la retención de metales pesados, plomo y cromo en aguas contaminadas* (Tesis de magister). Universidad de Guayaquil,Guayaquil.
- Castro, W. (28 de Mayo de 2019). La Libertad: Quiruvilca sufre mucho por cierre de empresa minera. *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe/sociedad/1278466-quiruvilca-sufre-cierre-empresa-minera/>
- Castro, D.(2008). *El almidón modificado de plátano (musa paradisiaca) como una alternativa en la distancia cárnica* (Tesis de pregrado).Universidad del Azuay, Cuenca.
- Castro, S., Cerda, R., Betanco, N., Canelo, F., López, X., García, A., y Benavente, M. (2013).Estudio del equilibrio y cinética de adsorción de Cd (II), Ni(II) Y Cr (VI) usando quitosano y quitosano modificado con cobre. *Revista científica*, 26 (2), 56-58.
- Cardona, A., Cabañas, D., y Zepeda, A. (2013). Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zinc (II). *Ingeniería*, 17 (1),1-9.
- Ccencho, S. (2018). *Uso de biomasa seca (cáscara de plátano) como bioadsorbente de Arsénico en agua subterránea, Cruz del Médano, Mórrope, Lambayeque, a nivel laboratorio – 2018* (tesis de licenciatura). Universidad Cesar Vallejo, Lima.

- Chappuis, (2017). Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú. *Consultora de la Unidad de Políticas para el Desarrollo Sostenible de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. 168 .1680-1890.
- Choquejahua, Y. (2018). *Evaluación de la remoción de arsénico en medio acuoso a través de la bioadsorción con biomásas de granos de cebada (Hordeum vulgare L.) y avena (Avena sativa L.) bajo condiciones altoandinas - Puno, 2018* (tesis de licenciatura) Universidad Peruana Unión, Juliaca.
- Dahrazma , B., y Kharghani , M. (2012). The impacts of alkaline mine drainage on Bario, Cromo, Niquel, Plomo and Zinc concentration in the water resources of the Takht coal mine, Iran. *Earth Sciences Research Journal* , 16(2), 27-30.
- El Peruano (2020). Decreto Supremo N° 204-2020-PCM que declara el Estado de Emergencia en los distritos de Quiruvilca de la provincia de Santiago de Chuco; Agallpampa, Salpo y Otuzco.
- Fernández, R. (2020). *Eliminación de metales pesados mediante biosorción desarrollo de procesos de tratamiento para aguas residuales industriales* (Tesis Doctoral). Universidad de Granada, España.
- Fernández, M., Calzado O. , Cascaret, D., y Pérez , R. (2018). Factores de mayor influencia en la adsorción de metales pesados por biomasa seca de *Kluyveromyces marxianus* CCEBI 2011. *RTQ* , 38 (2), 335-345.
- Fúquene, D., y Yate, A. (2018). Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales. *Ecapma 02* (1), 3-10. Doi: <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.2771>.

- Gómez, D. (2003). Evaluación de impacto ambiental . *Mundi-prensa*, Madrid,España.
- Gonzalo, A., & Guerra, J. (2016). *Influencia de la velocidad de agitación y la temperatura sobre la adsorción de plomo (Pb) y zinc (Zn) con cáscara de plátano (Musa sapientum), en las aguas residuales de laboratorios de análisis químico* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Hurtado, B. (2016). *Eficiencia de la zeolita y la cáscara de plátano para reducir metales pesados en las aguas del rio Rímac en el km. 80 de la carretera central en el distrito de San Mateo en Huarochiri, departamento Lima, 2016* (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima.
- Jacobs, M. (1996). Economía verde; Medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro. *Icaria 24* (43), 253.254.
- Lazarte, E., Nonato, J., & Vallejos, F. (2019). Uso de la cáscara de maracuyá (*Pasiflora edulis*) para la bioadsorción de metales pesados de cobre y zinc en aguas del río Chillón, Callao,2019 (Tesis de pregrado).Universidad César Vallejo, Lima.
- Lima, L., Olivares, S., Columbie, I., Rosa, D., y Gil, R. (2005). Niveles de plomo, zinc, cadmio y cobre en el Rio Almendares, Ciudad Habana, Cuba, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 21 (3) ,115-124. Recuperado en: <https://www.redalyc.org/pdf/370/37021302.pdf>.
- Madrigal, S., Muñoz, C., y Vega, M.(2016). Biosorción de Pb²⁺ y Zn²⁺ en agua usando una planta silvestre inactiva recolectada en el estado de Colima: *Viguiera linearis*.Centro de Geociencias, 1 (3001), 59-97.
- Medellin, N., Hernandez, M., Salazar, J., Labrada, G. y Aragon, A. (2017). Bioadsorción de plomo (II) presente en solución acuosa sobre residuos de fibras naturales procedentes

- de la industria Ixtlera. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33 (2), 269 – 280 Recuperado en: <https://www.redalyc.org/journal/370/37052723008/html/>
- Mejia, G. (2006).Aproximación teórica a la biosorción de metales pesados por medio de microorganismos. *Revista CES Medicina veterinaria y zootecnia*, 1 (1),77-99.
- Montero, J.; Díaz, C.; Guevara, F.; Cepeda, A., y Barrera, J. (2013) Modelo para medición de eficiencia real de producción y administración integrada de información en planta de beneficio. *Centro de Investigación en Palma de Aceite* 01(32), 34-45.
- Mori, C., M., Maldonado, G., Guzmán , E., Eyra, C., Bernardelli, C., Viera, M., y Donati, E. (2013). Estudio cinético e isotérmico de la biosorción de zinc (II) y cadmio (II) para un sistema monometálico-bimetálico por *Undaria pinnatifida* SP. *Revista Peruana De Química E Ingeniería Química*, 16 (2), 39-46.
- Ossa, D., y Zapata, D.(2018). Evaluation of zinc sulfide leaching in laboratory tests. *Prospective*, Vol 16 (No.1), 100-106. doi.: 10.15665/rp.v16i1.846
- Prieto, J. Quintana, R., Rodriguez, E., y Mollineda, A. (2016). Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la remoción de zinc en soluciones acuosas. *Centro Azúcar*, 43(3), 78-83.
- Peña , E., y Gómez, J. (2017). Acumulación de metales pesados en *Calamagrostis rigida* y *Myriophyllum quitense* en cuatro humedales altoandinos del Perú. *Arnaldoa*, 24 (2), 583-598. doi : 10.22497/arnaldoa.242.24210.
- Pinchinat A., Figueroa. R.,Figueroa, R., y Ramirez L. (1986). *Seminario taller sobre producción de plátano en la selva peruana*. Lima,Perú.: IICA de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7225/BVE18040315e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Portilla, H. (2016). *Tiempo de contacto de la cáscara de Musa sapientum (plátano) y su tamaño de partícula sobre el pH y adsorción de Pb y Zn en las aguas residuales de laboratorios de análisis químico* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., y González, E. (2016). Contaminación por metales pesados implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo* ,16 (2), 66-77.
- Rios, P. (2014). *Cinética de bioadsorción de arsénico utilizando cáscara de banano maduro en polvo* (Tesis de pregrado). Universidad de Machala. Machala, Ecuador.
- Romero, M., Colín, A., Sánchez, E., y Ortiz, L. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: Evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista Internacional de contaminación ambiental*, 25 (3), 157-167.
- Romero, J. (2017). *La pepa de aceituna y la biosorción en efluentes mineros con alta concentración de plomo y zinc en la U.E.A, Heraldos Negros -Acobambilla - Huancavelica 2017* (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima.
- Santos, K. (2010). *Biosorción de metales pesados empleando lodos activados* Universidad Nacional de Ingeniería, Perú (Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Salas, G. (2018). *Tiempo de contacto y PH de la cáscara de granadilla en la biosorción de zinc en aguas del río grande – Quiruvilca* (Tesis de licenciatura). Universidad Privada Del Norte, Trujillo.
- Sanga , W. (2007). *Remoción de metales pesados utilizando la pectina como material biodegradable* (Tesis de magister). Universidad Nacional del Antiplano, Puno.

- Sedalib (2018). *Diagnóstico hídrico rápido de la cuenca del río Moche como fuente de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS SEDALIB S.A.* Recuperado en: <http://www.sedalib.com.pe/upload/drive/32019/20190305-5683862528.pdf>.
- Santillan, S., Vega, M., y Muñoz, M. (2016). Biosorción de Pb_{2+} y Zn_{2+} en agua usando una planta silvestre inactiva recolectada en el estado de Colima: *Viguiera linearis*. *Revista Researchgate*, 4 (2), 5-14.
- Sharma, S. (2015) Heavy Metals in Water: Presence,removal and safety.*Johnson Matthey Technol*, 59 (4), 357. Doi: [dx.org/10.1595/205651315X689009](https://doi.org/10.1595/205651315X689009).
- Vera, K. (2014). *Remoción de arsénico del agua residual industrial de proceso mediante el método de bioadsorción* (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro,Torreón,Coahuila.
- Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 35 (2), 304-8. doi: [10.17843/rpmesp.2018.352.3719](https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719).
- Vizcaíno, L., y Fuentes N. (2014). Biosorción de Cd, Pb y Zinc por biomasa pretartada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25 (1), pp. 43 – 60.

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de Consistencia

“TIEMPO DE CONTACTO Y DOSIS DE CÁSCARA DE PLÁTANO EN LA REMOCION DE ZINC EN AGUAS DEL RÍO SAN LORENZO, SHOREY”					
PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE INDEPEDIENTE	METODOLOGIA	
<p>¿De qué manera influye la dosis y el tiempo de contacto de la cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> en la remoción de zinc del agua del Río San Lorenzo, Shorey ?</p>	<p>H1: La influencia del tiempo de contacto y dosis de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> es significativa en la remoción de zinc en las aguas del río San Lorenzo, Shorey .</p>	<p>• Evaluar la influencia del tiempo de contacto y la dosis de concentración de la cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> en la remoción de zinc en aguas del Río San Lorenzo.</p>	a. Tiempo de contacto (horas)	<p>DISEÑO Bifactorial</p>	
		<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS Determinar la concentración inicial de zinc en las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.</p>	<p>b. Dosis de absorbente de la cáscara de plátano (g/L)</p>		
					<p>VARIABLE DEPENDIENTE Remoción de Zinc (ppm)</p>
		<p>H0: La influencia del tiempo de contacto y la dosis de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> no es significativa en la remoción de zinc en las aguas del río San Lorenzo, Shorey.</p>	<p>Evaluar la influencia de la dosis óptima de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> en la remoción de zinc en las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.</p>		<p>POBLACION Agua de río San Lorenzo, ubicado en Shorey en la provincia de Santiago de Chuco del departamento de La Libertad.</p>
	<p>Evaluar la influencia del tiempo de contacto óptimo de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> en la remoción de zinc en las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.</p>		<p>MUESTRA 30 litros de agua del Río San Lorenzo</p>		
	<p>Evaluar la influencia del porcentaje de remoción de la cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> en el proceso de remoción de zinc de las aguas del Río San Lorenzo, Shorey.</p>				

Anexo N° 2: Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	Indicador	Índice
Tiempo de contacto	El tiempo de contacto es requerido para que puedan interactuar las moléculas de la sustancia que se adsorbe con el sólido adsorbente y se logre alcanzar el equilibrio, maximizando la eficiencia de adsorción (Saloua, D., 2010).	Tiene que ser adecuado para que el sólido llegue a retener una cantidad de contaminante suficiente y la corriente de salida tenga una concentración inferior a los límites permitidos por a legislación pendiente.(Muñoz V. &Alvarez J."Bases de la ingeniería ambiental" 2019)	Revoluciones por minuto	min	12
				min	24
				min	48
Dosis de adsorbente de cáscara de plátano	Un aumento de la dosis del adsorbente o la biomasa empleada para eliminar cualquier tipo de contaminante provoca un aumento en la eficacia de la eliminación, ya que el adsorbente ofrece más poros si es un material poroso o en general más superficie de contacto (Saloua, D., 2010).	La adsorción del Zinc aumenta cuando el tamaño de las partículas es más pequeño debido a que el área superficial de contacto del metal con los sitios activos de la biomasa aumenta, es un efecto similar a lo que genera el aumento de la concentración de la biomasa ya que al aumentarla aumentan más sitios disponibles para traer el metal (Wang, 2006)	Propiedades Físicoquímicas	g	5
				g	10
				g	15
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	Indicador	Índice
Remoción de Zinc	La remoción es la eliminación de metales en aguas residuales generalmente de origen industrial. Wang et al, 2004)	La remoción de metales pesados puede darse a través de diferentes tratamientos tales como procesos biotecnológicos, de adsorción, intercambio iónico y otros (Soto E. et al, 2006)	Capacidad de Biosorción	Porcentaje de biosorción	(%)

Anexo N.º 3: Ubicación de los puntos de muestreo en el Río San Lorenzo a la altura de Shorey



Nota: se indica los 3 puntos de muestreo en Google earth en la etapa de premonitorio.

Anexo N° 4: Toma de muestra a cargo de la responsable



Nota: se presenta la forma en que fueron tomadas e identificadas las muestras por parte de los tesisistas:

Anexo N° 5: Identificación de la muestra y cadena de custodia



Nota: Para el respectivo envasado y traslado de las muestras al laboratorio, hemos tenido a bien seguir las recomendaciones establecidas en la Norma NTC-ISO 5667/3 y el Standar Methods.

Anexo N° 6: Adquisición de plátano (*Musa paradisiaca*)



Nota: Se recibieron 20 kg de plátano verde, de no más de 1 día de cosechado, de la variedad SEDA, mismo que fue adquirido con días de anticipación antes del ensayo.

Anexo N° 7: Lavado , selección y pelado de plátanos



Nota: Los plátanos seleccionados fueron pelados a mano, lavado con agua destilada y las cáscaras fueron separadas y acumuladas en bandejas de aluminio, y posteriormente pasarían al secado en estufa.

Anexo N° 8. Secado de la cáscara en la estufa



Nota: En este proceso, las cáscaras de plátano, previamente pesadas y colocadas en bandejas de aluminio; se introducen dentro de la estufa, por un período de 2 días y a una temperatura de $65^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Anexo 9. Cáscara de plátano luego del secado y molienda de la *musa paradisiaca*



Nota: En esta etapa reducimos de tamaño las cáscaras secas con la ayuda de un molino casero.

Anexo n° 10: Tamizado para obtención de polvo de cáscara de plátano



Nota: Se muestra la malla #100 para poder conseguir que el material sea un polvo uniforme, se hizo pasar por un tamiz malla.

Anexo N° 11. Vista lateral de equipo de plasma acoplado por inducción (icp – oes)



Nota: En esta imagen se muestra en donde se realizaron los análisis se llevan a cabo por Espectrofotometría de Emisión, utilizando un Plasma Acoplado por Inducción, Varian, modelo PRODIGY.

Anexo 12. Vista frontal de equipo de plasma acoplado por inducción (icp – oes)



Anexo n°13: Recomendaciones para la preservación y almacenamiento de muestras líquidas

Parámetro por estudiar	Tipo de recipiente	Técnica de preservación	Tiempo máximo de preservación recomendado antes del análisis
Temperatura	P, V	-	De inmediato
Salinidad	V, P sello hermético	De inmediato, o refrigere sello hermético	6 meses
pH	P, V	-	Analice de inmediato
Sólidos	P, V	Refrigerar	7 días
Amonio	P	Congelar -20°C	7 días
Nitrito	P	Congelar -20°C	2 días
Nitrato	P	Congelar -20°C	48 horas
Silicatos	P	Congelar -20°C	28 días
Nitrógeno total	P, V	Adicionar H ₂ SO ₄ a pH 2 y refrigerar	7 días
Fosfatos	P, V enjuagado con ácido	Filtrar y congelar	48 horas
Fósforo total	P, V	Adicionar H ₂ SO ₄ a pH 2 y refrigerar	28 días
Oxígeno disuelto	V, botellas DBO	Titulación puede ser demorada después de la acidificación	8 horas
Clorofila	P, V	Filtradas, en la oscuridad a -20°C	28 días
DBO	P, V	Refrigerar	6 horas
DQO	P, V	Adicionar H ₂ SO ₄ a pH 2 y refrigerar	7 días
Pesticidas	V, enjuagado con solvente	Refrigerar, adicionar 50 ml de solvente	7 días
Metales	P, enjuagado con ácido	Adicionar HNO ₃ a pH 2 y refrigerar	6 meses
Hidrocarburos disueltos dispersos	V, enjuagado con solvente	Refrigerar, adicionar si es posible el solvente de extracción	Realizar la extracción al menor tiempo posible
Aceites y grasas	V de boca ancha, enjuagado con ácido	Adicionar H ₂ SO ₄ a pH 2 y refrigerar	28 días

P= Plástico, V = Vidrio

 Adaptada del *Standard Methods*, 20th Edition, y de la Norma NTC ISO-5667/3

Anexo N° 14: Parámetros de metales pesados a analizar

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Temperatura	°C	21.5
Olor	-	Aceptable
Sabor	-	Aceptable
Color	Pt/Co	14
pH	-	7.35

Anexo N° 15: Parámetros microbiológicos a analizar

DETERMINACIONES	UNIDADES
Recuento Total de bacterias	UFC/ 100 mL
Huevos y larvas de helmintos, quites y ooquistes de protozoarios patógenos	N° org./L
Escherichia coli	NMP/ 100 mL
Virus	UFC/mL
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL
Coliformes totales	NMP/ 100mL

- UFC/ml: Unidad Formadora de Colonias por mililitro
- NMP/ml: Número más probable por mililitro

Anexo N° 16: Categoría de Riego de Vegetación y bebida de animales según los Estándares de Calidad Ambiental

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales				
Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				