



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUALA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

“Efecto del pH y tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* en adsorción de plomo
(II) en soluciones buffer”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTORES:

Carhuanira Herrera, Neiver

(0000-0001-6753-729X)

Vásquez Murrieta, Arthur Obdulio

(0000-0001-7491-8138)

ASESOR:

Ms. Moreno Eustaquio, Walter

(0000-0001-7299-3943)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

TRUJILLO – PERÚ

2018-II

Dedicatoria

Agradecer primeramente a Dios por darnos las fuerzas se seguir adelante y por habernos permitido lograr nuestros resultados con su ayuda.

A la persona que nos brindó la vida a nuestras madres que con mucho esfuerzo nos apoya a seguir adelante a lograr nuestras metas que nos proponemos en nuestra vida personal y profesional.

A nuestros abuelos, tíos, hermanos; que nos dan la mano cuando más lo necesitamos que están allí apoyándonos en todo a superar cada obstáculo que se nos presenta, pero gracias a ellos estamos continuando con nuestros sueños.

A nuestros compañeros y amigos que nos abrieron la amistad durante nuestra vida profesional y que hasta ahora están ahí dándonos la mano para seguir triunfando juntos.

Agradecimiento

Agradecer primeramente a Dios por habernos puesto en el camino en nuestra carrera profesional y por juntarnos y

A nuestros padres por haber confiado en nosotros en nuestro todo el recorrido de nuestra etapa profesional.

A nuestro Asesor, el Ms Walter Moreno Eustaquio por la asesoría constante y correcciones durante nuestra elaboración de tesis, de igual manera a todos los docentes que nos brindaron su apoyo.

Página del jurado

Efecto del pH y tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* en adsorción de plomo
(II) en soluciones buffer

Aprobado por:

Dr. Quezada Álvarez, Medardo

PRESIDENTE

Msc. Ydilbrando Villacorta, Misael

SECRETARIO

Msc. Moreno Eustaquio, Walter

VOCAL

Trujillo 2018

Declaratoria de Autenticidad

El alumno Neiver Carhuanira Herrera con DNI N° 70749115, Arthur Obdulio Vásquez Murrieta con DNI N° 47451548cumpliendo con el reglamento vigente de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento la documentación que presento es verdadera y auténtica. Asumimos la responsabilidad correspondiente en caso de falsedad, de documentos o información reportada por el cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César vallejo.

Trujillo, 15 de diciembre del 2018

Carhuanira Herrera, Neiver
DNI: 70749115

Vásquez Murrieta, Arthur Obdulio
DNI: 47451548

Índice

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Página del jurado.....	iii
Declaración de autenticidad.....	iv
RESUEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MÉTODO.....	20
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	20
2.1.1. Matriz de diseño de muestras.....	22
2.2. Variables, operacionalización.....	23
2.2.1. Operacionalización de variables.....	23
2.3. Población y muestra.....	24
2.3.1. Población.....	24
2.3.2. Muestra.....	24
2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	24
2.4.1.1. Técnicas de instrumento de recolección de datos.....	24
2.4.2. Validez y confiabilidad.....	25
2.5. Métodos de análisis de datos.....	25
2.6. Aspectos éticos.....	25
III. RESULTADOS.....	26
IV. DISCUSIONES.....	29
V. CONCLUSIÓN.....	31
VI. RECOMENDACIONES.....	32
VII. REFERENCIAS.....	33
VIII. ANEXOS.....	36

Índice de Tablas

Tabla 1. Terminología en operaciones de transferencia de materia.....	15
Tabla 2. Composición química (Base seca) del alga <i>Chondracanthus Chamissoi</i>	18
Tabla 3. Contenidos de elementos minerales del alga <i>Chondracanthus Chamissoi</i>	18
Tabla 4 Diseño experimental	22
Tabla 5. Concentraciones finales de Pb ²⁺ en (mg/l) de los tratamientos experimentales .	26
Tabla 6. Porcentaje de adsorción de plomo (II) de los tratamientos experimentales	27
Tabla 7. Análisis de Varianza (ANVA).....	28
Tabla 8. Prueba TUKEY para pH.....	28

Índice de Figuras

Figura 1. Procedimiento experimental	21
Figura 2. Porcentajes de adsorción de plomo (II), de los tratamientos experimentales	27
Figura 3. Prueba de Normalidad de adsorción de plomo (II)	39

RESUMEN

En el presente trabajo, a fin de disminuir el nivel del plomo, se estudió el efecto del pH y tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* en adsorción de plomo (II) en soluciones buffer. El alga fue recolectada en la playa de Puémape-Pacasmayo luego en el laboratorio se acondicionó, se secó, se trituroó, se tamizó y posteriormente envasadas en un recipiente de vidrio para los respectivos tratamientos. Se aplicó el diseño experimental bifactorial, de dos variables independientes: pH (4, 5 y 6) amortiguadas respectivamente con soluciones buffer y tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* (75 μ m y 106 μ m). La muestra madre fue de 900 ml de solución preparada a una concentración de 10 ppm de plomo (II), se realizaron 18 tratamientos experimentales de 50 ml cada uno, se empleó una dosis de adsorbente 0,1 g en agitación magnética de 250 rpm por 3 horas de contacto, todo el proceso fue trabajo a temperatura ambiente. Se determinó que el pH y el tamaño de partícula de *Chondracanthus Chamissoi* influyen en la adsorción de plomo (II) el cual fue probado por el método estadístico análisis de varianza anova. Se logró adsorber **93,4%** de plomo (II) siendo el pH óptimo 5 en un tamaño de partícula de 75 μ m.

Palabras claves Adsorción, *Chondracanthus chamissoi*, solución buffer, pH, plomo, tamaño de partícula.

ABSTRACT

In the present work, in order to reduce the level of lead, the effect of the pH and particle size of *Chondracanthus Chamissoi* on the adsorption of lead (II) in buffer solutions was studied. The seaweed was collected on the beach of Puémape-Pacasmayo then in the laboratory was conditioned, dried, crushed, sieved and then packaged in a glass container for the respective treatments. The bifactorial experimental design was applied, with two independent variables: pH (4,5 and 6) buffered respectively with buffer solutions and *chondracanthus Chamissoi* particle size (75 and 106) μm . The mother sample was 900 ml of solution prepared at a concentration of 10 ppm of lead (II), 18 treatments of 50 ml each were performed, a 0.1 g adsorbent dose was used in magnetic agitation of 250 rpm for 3 hours of contact, the whole process was working at room temperature. It was determined that the pH and particle size of *Chondracanthus Chamissoi* influences the adsorption of lead (II) which was tested by the statistical method analysis of anova variance. It was possible to adsorb 93.4% lead (II) at pH 5 with particle size 75 μm .

Keywords: Adsorption, *Chondracanthus Chamissoi*, buffer solution, pH, Lead, particle size.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el problema que más persiste globalmente, es el aumento de concentraciones, Cr, Ni, Cd, Pb y Hg generado por los vertidos de la actividad industrial. (CAVIEDES, Diego et al, 2015 p.2). Estos elementos tóxicos persisten de manera indefinida en el ambiente, poniendo en riesgo a la biodiversidad dentro los ecosistemas así mismo afectando el bienestar de los seres humanos que habitan en las diferentes poblaciones, puesto que estos metales tienden a biomagnificarse en la cadena alimenticia. (GARCÍA Villegas, et al., 2011 p.3).

Los metales pesados son elementos propios de la naturaleza, son tóxicos afectando a la salud y al ambiente. (EROSTEGUI, 2009. p.1).

El color del plomo es blanco plateado en su forma elemental y se oxida con la humedad presente en el aire tornándose de color gris azulado. Parte del Grupo IV-A en la tabla periódica, presenta características fisicoquímicas como: su punto de fusión es baja, es denso, de fácil fundición, es poco resistente, es maleable, manejable para fabricar objetos, resistente a la corrosión y ácidos.

El plomo está distribuido ampliamente en el ambiente, la mayor parte proviene de las actividades del sector minero, manufactura industrial y quema de combustible fósil. (ATSDR, 2007. p.1).

Las sustancias orgánicas del plomo pueden biocongestionar animales y plantas, específicamente, en los organismos que se alimentan de estas fracciones. A medida que el plomo inorgánico avanza en la cadena trófica aumentará su concentración generando una biomagnificación del mismo. (PNUMA, 2010).

Existen muchas tecnologías para el tratamiento a este tipo de residuos tóxicos (por medio del desasosiego de los iones que están presentes), entre ellas tenemos: la ultrafiltración, precipitación, nano filtración, ósmosis inversa, electrodiálisis y electrólisis. Por su elevado costo para la implementación de estas tecnologías dificulta la instalación apropiada en el país. (LARA José et al, 2016).

Es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan mejorar el control ambiental de los residuos industriales, capaces de reducir los metales contaminantes presentes para reusarlos en otros procesos industriales.

El uso de materiales biológicos como medio adsorbente, es una forma positiva para tratar aguas contaminadas con metales pesados. Dentro de las materias utilizadas encontramos hongos, bacterias y algas con los que se han conseguido retirar metales pesados como: cadmio, cobalto, cobre, cromo, níquel, hierro, plomo, uranio y zinc. (PLAZA, 2012).

Las algas son abundantes en toda la costa del Perú y Chile, estas han sido utilizadas como medio para la alimentación desde tiempos pre-incaicos por los habitantes de la zona andina y costera, consumiéndolas mayormente en estado fresco. (CARBAJAL et al 2005).

El *Chondracanthus Chamissoi* botánicamente presenta un color rojo verdoso, tiene un talo consistente cartilaginoso, puede alcanzar hasta 36 cm de longitud y 1 cm de ancho. En el talo tienen un pequeño disco basal de fijación de 3 mm la cual ayuda al alga adherirse en rocas sin ningún problema. Tiene alto contenido y variedad de minerales importantes para el equilibrio y buen funcionamiento para el metabolismo del ser humano. (CALDERON, Martha et al (2010).

Las algas son un importante medio bioadsorbente por su alta facilidad para captar iones de metales pesados a través de sus paredes celulares las cuales tienen grupos funcionales como carboxilos, fosfato hidroxilo y alginatos, los responsables de que se pueden unir a ion metal y depende del pH para que aumenten o disminuyan la eficiencia de remoción de metales pesados. (VALLEJO, Karleidys, 2008).

Por lo tanto, para separar metales pesados como plomo en agua proveniente de actividades industriales, se utiliza el material biológico como bioadsorbente el alga *Chondracanthus chamissoi*, debido a que este material presenta en su pared celular grupos funcionales, alginatos y fucoídano, atrayéndose con iones metálicos, el alga se presenta en gran cantidad y es fácil acceder a ello, es de bajo costo, rentable y además biodegradable. Se planteó como objetivo en esta investigación evaluar el efecto del pH y tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* en la adsorción de plomo (II) en soluciones buffer.

Según Rodríguez, Erick, et al (2017). En su investigación “Algas marinas del litoral de la región La Libertad, Perú.” Estudiaron la taxonomía según sus características reproductivas y vegetativas de las algas. Así mismo su distribución geográfica por provincias (Chepén, Pacasmayo, Ascope, Virú y Trujillo), identificando 51 especies 32 Rhodophyta, 12 Chlorophyta y 7 Ochrophyta, donde la división Rhodophyta (*Gracilariopsis Lemaneiformis* y *Chondracanthus Chamissoi*) son más diversas y se encuentran en Trujillo. Concluyen que las algas son recursos hidrobiológicos que habitan en espacios rocosos (sexícolas), en zonas intermareal, de ecosistema mesolitoral, con una zona de marea (1-15m) de profundidad. Determina que de las algas pardas se puede obtener ácido algínico y de las algas rojas la carragenina y el agar.

En su investigación Cabrera Luis (2017) cuyo título fue “Bio-adsorción del ión plomo y cromo procedentes de aguas residuales mediante cascara de tomate de árbol (*Solanum Betaceum*)”, empleó 0,1g de la cascara variando el pH y el tamaño de partícula (0,3 - 0,6 mm) en 10, 30, 60, 90 y 120 minutos de contacto para remover concentraciones de 10,25, 50 y 100 ppm, a temperatura ambiente. Se obtuvo que el mayor porcentaje de adsorción se da un tamaño de partícula menor igual 0,3 mm a un pH 4 para el plomo con 65,1% de remoción, mientras que en el cromo se obtuvo 52,73% de remoción respectivamente, la cual aclara que, a menor tamaño de partícula de biomasa adsorbente, mayor será la adsorción de los metales pesados, teniendo en cuenta un pH 4.

En su tesis, G. Alejandro y G. Julio (2016) titulada “Efecto de la velocidad de agitación y temperatura en la adsorción de Pb y Zn mediante cáscara de plátano (*Musa sapientum*) en los efluentes residuales del laboratorio de análisis químico” Señala que la biomasa *Musa sapientum* es un medio eficiente para adsorber Pb y Zn. Se estudió en temperaturas: (30, 50, 665 y 80°C) con velocidad de agitación 50, 80 rpm, de las cuales 80 °C y 80 rpm son las más eficientes, removiendo 79, 96% de plomo y 66,37% para el Zinc, comprobándose que el adsorbente de *Musa sapientum* tiene buena eficiencia para adsorber Pb y Zn, así mismo, conforme aumenta la temperatura y velocidad de agitación, incrementa la eficiencia de adsorción de Pb y Zn.

En su investigación Ramírez, Juan (2016), para evaluar el efecto que tiene el tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* y el pH para adsorber Cr, determinó que el alga en forma deshidratada y triturada influye en forma positiva para adsorber cromo, concluyendo que es un medio de adsorción eficiente para descontaminar aguas residuales con presencia de Cr. Teniendo como resultado mayor eficacia para adsorber con pH 3 y tamaño de partícula 250 μm .

Mientras Sánchez, J. y Cameselle, C. (2016), En su trabajo de investigación, investigó sobre la adsorción Hg^{2+} con 12 tipos de materias orgánicas residuales sólidas como adsorbentes, entre las biomásas adsorbentes se tuvo serrín de pino y eucalipto, carozas de maíz, tallo de maíz, caña de azúcar, césped cortado, cáscara de huevo, corcho y algas *Cystoseira nodicaulis*, *Codium tomentosum* y *Ulva rígida*, trabajadas con tratamiento (ácido sulfúrico) y sin tratamiento. Obtuvo como resultado que las algas *Ulva rígida* y *Cystoseira nodicaulis* sin tratamiento obtuvieron mayor capacidad de adsorción de Hg^{2+} teniendo 96,5% y un 94,5% respectivamente. Al mismo tiempo se realizó una prueba como referencia empleándose carbón activado comercial, como adsorbente, alcanzando un 97% de adsorción de mercurio. Los pH 3 a 6 son más favorables para adsorber mercurio a 1 y 2 gramos de adsorbente/L de disolución de Hg^{2+} para una concentración de hasta 100 mg/L de Hg^{2+} .

A su vez, Vizcaíno, Lissette y Fuentes Natalia, (2014). En su investigación biosorción de Cadmio, Plomo y Zinc mediante alga roja, cáscaras de naranja y pulpa de tuna, a temperatura ambiente ajustando el pH a 4,5 con diluciones de NaOH o HCl(1M) con tamaño de partícula 180-200 μm puestos en agitación (200 rpm) por 180 minutos de contacto. Se tuvo una mejor capacidad de adsorción con el alga modificado con NaHO 0,1N y de la naranja y la tuna modificada con NaOH y CaCl_2 0,2 M. con similar con promedios superiores al 95% para remover Cd y Pb, mientras que para zinc se removió con mejor eficiencia empleando tuna con 62%.

Según Tejada, Candelaria, et al (2014). En su trabajo de tesis “adsorción de metales pesados sobre aguas residuales mediante residuos de origen biológico” concluyen que el pH interfiere de manera directa en proceso de adsorción, por la presencia de iones de hidrogeno, donde a un pH > 4,5 suele favorecer la adsorción de cationes y un pH de 1,5 a 4 favorece la adsorción de aniones. Así mismo, las variables, temperatura,

tamaño de partícula y concentración del ion metálico favorecen significativamente a la adsorción.

Plaza Josefina (2012), Concluye que debe aplicarse un determinado pre tratamiento para el equilibrio de la biomasa, previo a realizar el ensayo de biosorción. Así mismo, el tratamiento con CaCl_2 0,2M otorgó rigidez a la biomasa, redujo el efecto de hinchazón y evitó la pérdida de alginatos. Siendo una alternativa eficiente para remover metales pesados.

Según Siccha Ana (2012), realizó el trabajo “Eficiencia de la biosorción de Pb usando cochayuyo (*Chondracanthus chamissoi*)” pre-tratado con CaCl_2 y tamaño de partícula menor de 75 μm , en pH 6., en agitación (250 rpm) por 24 h. Se concluye que el alga como medio biosorbente es eficiente en su fase esporofítica para remover plomo. Con eficiencia de bio-sorción de 111.72 Mg/g ajustándose a los modelos matemáticos de Freundlich y Langmuir.

Según Vallejo, Karleidys (2008), En su investigación de tesis “Estudio de la adsorción de Pb^{2+} y Cd^{2+} con el alga lechuga de mar (*Ulva Lactuca*)” trabajaron concentraciones iniciales en soluciones acuosas de Pb (II) de 39 a 250 mg/l, y para Cd (II) de 30 a 227 mg/l a pH (3, 4 y 5), con 0.13 g de dosis de adsorbente, el tiempo de contacto fue de 6 horas a una temperatura de 30 °C. La mejor remoción fue para Pb (II) con 131,58 mg/g seguido por el metal Cd (II) con 120,48 mg/g ambos a un pH 5. Concluyendo que para remover metales pesados como Cadmio (II) y Plomo (II), el pH óptimo es de 5, así mismo determinaron que, conforme disminuye las concentraciones de las soluciones de estudio, se reduce o decae la adsorción de estos metales.

A su vez, Cuizano, Norma y Navarro, Abel (2008), en su trabajo de investigación para determinar las propiedades biosorbentes de las algas marinas, Concluye que los diferentes tipos de algas marinas existentes son muy eficaces para procesos de adsorción, siendo bio-sorbentes prometedores para la eliminación de metales pesados por la presencia de grupos funcionales con elevada densidad eléctrica: alginato y fucoidano. De las cuales el alginato tiene mayor afinidad para una adsorción de un determinado metal. Siendo un modelo ideal para eliminar metales pesados en soluciones acuosas.

La adsorción representa un fenómeno de superficie, donde solutos o adsorbatos (átomo, ion y molécula) es transferido a la superficie de un adsorbente sólido poroso, separando de su fase líquida que se encontraba en un inicio. En su mayoría los adsorbentes son materiales de alta porosidad, donde el proceso tiene lugar fundamentalmente en la superficie de los poros, en puntos específicos (SMITH Julián et al. 1998. P.803).

Tabla 1. Terminología en operaciones de transferencia de materia

Operación	Fase V	Fase L
Destilación	Vapor	Líquido
Absorción, Deshumidificación	Gas	Líquido
Adsorción	Gas o Líquido	Sólido
Extracción líquido-líquido	Extracto	Refinado
Lixiviación	Líquido	Sólido
Cristalización	Aguas madres	Cristales
Secado	Gas (generalmente aire)	Sólido seco

Fuente: SMITH Julián. Operaciones unitarias en ingeniería Química (1998)

La biosorción es cuando el proceso de adsorción emplea materiales biológicos, denominado también bio-sorción, inter acción física indirecta entre un ion versus componente celular, sea un organismo vivo o muerto, como microorganismos, levaduras, hongo, alga o un residuo vegetal, etc., (Murithi et al. 2014. p.3). Por su gran afinidad del adsorbente por las especies de los adsorbatos, éste último es atraído hacia la superficie del sólido por diferente mecanismo. Este proceso continúa hasta llegar a un equilibrio entre los adsorbatos disueltos y los adsorbatos enlazados al material sólido (C. Norma y N. Abel, 2008.p 4).

El tiempo de equilibrio o tiempo de contacto en el proceso de adsorción, es el tiempo en el cual los sitios activos del adsorbente se saturan y dejan de captar el ion metálico, por esta razón se debe realizar un estudio previo para determinar el tiempo de equilibrio correcto para obtener la máxima eficiencia de remoción de. (VICAÍNO Lissette et al, 2017). La adsorción se puede dar por una adsorción física, adsorción química, asimismo pueden estar ambas en un solo proceso.

La adsorción física es un fenómeno reversible, se da como resultado de la fuerza intermolecular de atracción entre la molécula del sólido (adsorbente) y la sustancia adsorbida (adsorbato) la cual permanece completamente sobre la superficie del sólido. Por ser un fenómeno reversible permite recuperar el compuesto adsorbido, siendo muy importante a nivel industrial. Entonces este en este tipo de adsorción, la molécula adsorbida no se fija en un lugar específico de la superficie, sino está libre de trasladarse en la interface. (G. Luz y C. Susana 2012).

La adsorción química se refleja en una interacción química entre adsorbente y adsorbato adsorbido. Es decir los adsorbatos forman un enlace fuerte en el centro activo de los adsorbentes, parecido a una reacción química y es necesario la transferencia de electrones entre adsorbatos y adsorbentes. Algunas veces se presentan adsorción física y adsorción química en el mismo tiempo, es un fenómeno irreversible para muchos compuestos. (G. Luz y C. Susana, 2012).

Tamaño de partícula, son fragmentos pequeños producto del alga seca triturada. A menor tamaño de partícula de biomasa adsorbente, mayor la adsorción de metales. CABRERA, Fernando (2017). Las partículas de un tamaño $<300 \mu\text{m}$ han probado tener una alta eficiencia en la remoción de metales pesados en medios acuosos, (PINZON, Bedoya y CARDONA, Tamayo, 2010).

Efecto de cantidad del material adsorbente, Según CHUQUILÍN, Roberto y ROSALES, Dyana (2016), conforme incrementa la dosis del material adsorbente se reduce progresivamente la capacidad de adsorción de plomo en solución, dándose como consecuencia de las interacciones electrostáticas entre la partícula del adsorbente, disminuyendo los sitios de contacto, la dosis del adsorbente es directamente proporcional al volumen de la solución. Entonces a menor cantidad de adsorbente, mayor será la distancia entre partículas mayor será la adsorción de iones metálicos.

La influencia del pH en el proceso de adsorción tiene un lugar importante, el estado químico del sitio activo del adsorbente podría cambiar con el valor del pH, debido a la protonación y desprotonación del mismo. Según (LODEIRO, Pablo et al 2006), el pH ácido reduce la capacidad del material adsorbente para capturar y retener plomo, debido a la solubilización del catión en la matriz acuosa y la hidrólisis del adsorbente (TEJADA, Candelaria et al, 2015). Para estudios de biosorción de metales pesados en agua residual, el pH interfiere de manera directa, debido a la presencia de iones de hidrógeno, donde valores de pH mayores 4,5 suele incrementar la adsorción de cationes, mientras que pH entre 1,5 y 4 favorecen la adsorción de aniones. (TEJADA Candelaria et al, 2014).

El alga (*Chondracanthus Chamissoi*) más conocido como “cochayuyo”, “mococho”; es una especie natural en la Costa del Pacífico Sur, distribuyéndose de Paita en Perú hasta Chiloé de Chile. Habitando en zonas intermareales bajas y sub mareal (VIDAL, Lidia y RYAN, Carolina, 2015). Normalmente se encuentran de 4 a 6 metros de profundidad; sin embargo, se han reportado que pueden estar hasta 15 metros de profundidad. Crecen encima de sustratos duros como son: rocas, conchas de moluscos, etc. Presentan un color que va desde verde oscuro a marrón rojizo. Esta especie tiene 3 fases a lo largo de su ciclo de vida: tetraesporofítica, gametofita y carposporofítica. A este ciclo se llama “ciclo de vida trifásico” (OTAIZA, R, D y J. Cáceres, 2015).

Ubicación Taxonómica

Phylum: Rhodophyta

Clase: Florideophyceae

Orden: Gigartinales

Familia: Gigartinaceae

Género: *Chondracanthus*

Especie: *C. chamissoi*

Tabla 2. Composición química (Base seca) del alga *Chondracanthus Chamissoi*

Humedad * Material fresco	%
Extractos éteros	00.123
Ceniza total	15.610
Ceniza insoluble	50.775
Ceniza ácido insoluble	42.4090
Proteína total o proteína neta	42.9200
Proteína soluble	04.3800
Proteína no digerible	38.530
Proteínas digeribles	16.305
Nitrógeno amínico	26.431
Proteína Verdadera	280 mg
Nitrógeno no proteico	00.7729
Carbohidrato	41.340
Aminoácido libre	N.D

ND: No determinado

Fuente: Carbajal et al, 2005

Tabla 3. Contenidos de elementos minerales del alga *Chondracanthus chamissoi*

Minerales	Composición
Fósforo	0.352 %
Calcio	9.412 %
Magnesio	12.686 %
Cloruro de sodio	3.465 %
Níquel	0.1 ppm
Molibdeno	0.3 mg/l
Fierro	0.2 ppm
Silicio	1.1 ppm

Fuente: Carbajal et al, 2005

Solución buffer es una dilución reguladora o amortiguadora, también conocida como soluciones buffer, son sistemas que tienen como fin evitar la variación del valor del pH de una reacción invitro, dando el equilibrio ácido=base, (GRANADOS, Jairo, 2014).

El plomo es un metal gris azulado de origen natural de gran presencia en la naturaleza de forma natural, por su maleabilidad, presenta altos índices de uso para fabricación en el sector industrial. Es un metal toxico que a bajas concentraciones causa daños a la salud, este no se puede degradar ni química ni biológicamente así mismo se acumula a un cuerpo receptor y tiene la tendencia de bioacumularse en toda la cadena trófica.

Se consume aproximadamente un 75% en fábricas de batería, para producir láminas para techado, para las fabricaciones de provisiones, herramientas de guerra de plomo para usos militares, en fundiciones metálicas, recubrimientos de cables y para los agregados de la gasolina. (PNUMA, 2010).

Efectos del plomo en la persona puede causar diferentes enfermedades, primero ingresa al torrente sanguíneo, luego se almacena en el órgano, tejido, hueso, hasta en los dientes, causando daños al sistema nervioso, al cerebro, causa la anemia (reducción de glóbulos rojos), causa daños al sistema reproductivo en mujeres y hombres, causa enfermedad renal, etc., (JIMENEZ, Gonzales y GUERRA, Julio, 2016). De acuerdo a la resolución ambiental actual del Perú para conservar la calidad del agua se establece estándares. DS 004 2017 MINAM ECA-AGUA En la categoría IV Conservación del medio acuático (ecosistemas marino costero) con un valor de 0,0081 mg/l para plomo, como valor máximo aceptable.

Para realizar la investigación se planteó como problema: ¿Cuál es efecto del pH y tamaño de partícula *Chondracanthus chamissoi* en la adsorción de Plomo (II) en soluciones buffer?

La investigación se justificó en, hoy en día en algunos cuerpos de agua, receptores de efluentes industriales hay un aumento de concentraciones de algunos metales como el plomo, que pasa los niveles establecidos por el Ministerio del Ambiente en el caso de ecosistemas costeros y marinos (0,0081 mg/L en categoría cuatro), para conservación del ecosistema acuático.

Con el propósito de buscar alternativas de tratamiento para disminuir esta concentración de plomo, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto que tienen el pH y tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* para reducir concentraciones de plomo (II) en soluciones buffer.

Entre los adsorbentes con mayor afinidad en la remoción de iones tenemos la biomasa de alga, por ser un material abundante, de fácil acceso para su obtención, es de bajo costo, rentable, biodegradable y de fácil aplicación experimental, las cuales vienen siendo bio-sorbentes eficientes para remover metales pesados. Por consecuencia, este tratamiento es viable y económico.

La investigación hipótesis

H1: El pH y tamaño de partícula influye en la adsorción de plomo (II) con alga *Chondracanthus chamissoi* en soluciones buffer.

H0: El pH y tamaño de partícula no influye en la adsorción de plomo (II) con alga *Chondracanthus Chamissoi* en soluciones buffer.

Objetivo General: Evaluar la influencia del pH y tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* en la adsorción de Plomo (II) en soluciones buffer.

Objetivo específico:

Determinar la eficiencia de adsorción de Plomo (II) del alga *Chondracanthus chamissoi*.

Determinar la eficiencia de adsorción de Plomo (II) del alga *Chondracanthus chamissoi* a diferentes tamaños de partícula del alga

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

La tesis realizada es experimental, de tipo cuantitativa experimental.

Método de recolección de alga (*Chondracanthus Chamissoi*)

El alga se recolectó en la playa Puémape- San Pedro de Lloc con coordenadas UTM 7° 25' 35,7'' S, 79° 30' 14,2 W. La extracción del alga se realizó mediante manual y mediante técnica a pulmón (CARBAJAL, Wilmer y DE LA CRUZ, Jaime, et al 2005).

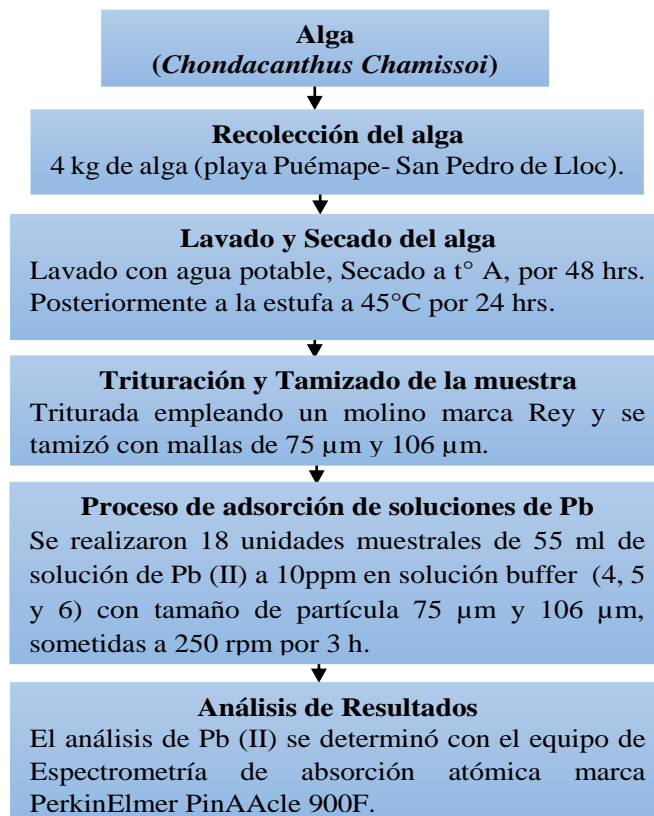


Figura 1. Procedimiento experimental

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del porcentaje de adsorción:

$$\% \text{ Ads.} = [(C_i - C_f) / C_i] * 100$$

C_i: concentración de Pb inicial

C_f: concentración de Pb final

Obteniendo los resultados vamos a comparar con el ECA de CATEGORÍA IV DS 004 2017 MINAMECA -AGUA En la categoría IV conservación del medio acuático (ecosistemas marino costero) con un valor máximo aceptable de 0,0081 mg/l de plomo.

2.1.1. Matriz de diseño de muestras

En la investigación se usará el diseño experimental bifactorial, con tres niveles para la variable pH y dos niveles para la variable tamaño de partícula (μm), con 3 repeticiones teniendo un total de 18 unidades experimentales.

Tabla 4 Diseño experimental

Diseño experimental factorial		
pH	Tamaño de partícula	
	B1=75 μm	B2=106 μm
A1=4	y_{111}	y_{121}
	y_{112}	y_{122}
	y_{113}	y_{123}
A2=5	y_{211}	y_{221}
	y_{212}	y_{222}
	y_{213}	y_{223}
A3=6	y_{311}	y_{321}
	y_{312}	y_{322}
	y_{313}	y_{323}

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DIFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA
Independiente: Tamaño de partícula del alga (<i>Chondracanthus Chamissoi</i>)	Son fracciones pequeñas producto del alga triturada. A menor tamaño de partícula de biomasa adsorbente, mayor la adsorción de metales. CABRERA, Fernando (2017).	Se realizó la trituración del alga de forma mecánica mediante un molino marca REY, posteriormente el material adsorbente fue tamizado empleando mallas de 75 µm y 106 µm, tamaños de partícula deseada en el estudio.	Tamaño de partícula (µm)	Intervalo
Independiente: pH	El pH tiene un lugar importante en los procesos de adsorción, el estado químico del sitio activo del adsorbente podría cambiar con el valor del pH, debido a la protonación y desprotonación de los grupos funcionales. (LODEIRO, Pablo et al (2006).	Para realizar el proceso de adsorción, se preparó soluciones buffer a pH 4, 5 y 6. Los 3 niveles fueron controlados en todo el proceso experimental.	Unidad de pH	Intervalo
Dependiente: % de adsorción de Pb (II)	Adsorción proceso superficial, donde, solutos o adsorbatos (átomos, ion y molécula) es transferido a un adsorbente sólido poroso (material orgánico), separándolo de la fase líquida, en que se encontraban inicialmente. (MCCABE, Warren et al. 1998. P.803).	$\%ads. = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100$ Donde: Ci= concentración inicial Cf= concentración final	% eficiencia	Razón

2.3.Población y muestra

2.3.1. Población

La población fue una solución de un litro de Pb (II) en 10ppm.

2.3.2. Muestra

De acuerdo al modelo factorial se tiene el siguiente tamaño de muestra:

$$N = A \times B \times R$$

Donde:

- A: los pH con solución buffer (3niveles)
- B: Tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* (2niveles)
- R: 3 repeticiones

Entonces: $N = 3 \times 2 \times 3 = 18$ unidades muestrales

Cada unidad de muestra fue de 50 mililitros de solución de plomo (II), utilizándose un volumen total de 900 ml que viene hacer la muestra madre.

2.4.Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1.1. Técnicas de instrumento de recolección de datos

2.4.1.2.Instrumentos:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Agitador magnético
- ✓ Estufa marca L-C OVEN
- ✓ Equipo de espectrómetro de absorción atómica marca PerkinElmer (PinAAcle 900F)
- ✓ Cronómetro

2.4.1.3.Materiales

- ✓ Vaso de precipitación de 100 ml
- ✓ Papel filtro Whatman N°40
- ✓ Embudos de plástico
- ✓ Tamices (Malla N°: 75 μ m y 106 μ m)

- ✓ Pipetas (5, 10 ml)
- ✓ Bombitas de agitación
- ✓ Fiolas de 250 ml
- ✓ Probeta de 50 ml
- ✓ Calculadora
- ✓ Tubo de ensayo (20 ml)

2.4.1.4.Reactivos:

- ✓ Solución buffer
- ✓ Nitrato de plomo $Pb(NO_3)_2$

2.4.1.5. Materiales Consumibles

- ✓ Guantes
- ✓ Mascarilla
- ✓ Sticker de codificación
- ✓ Bolsas

2.4.2. Validz y confiabilidad

Cada instrumento de recolección fue ratificado estadísticamente para la confiabilidad del resultado.

2.5.Métodos de análisis de datos

Para la recolección de datos se usó los métodos estadísticos, prueba de normalidad, prueba de homogeneidad de varianza, análisis de varianza (ANOVA) y prueba HSD TUKEY.

2.6.Aspectos éticos

Esta investigación se realizó con instrumentos y técnicas validados, los usos de información adquirida de otros autores son respetadas. Así mismo se trabajó el cuidado por el ambiente, moral y política.

III. RESULTADOS

En la presente investigación se realizó el tratamiento experimental de adsorción de plomo (II) a partir de una concentración inicial de 10 ppm, utilizando como adsorbente el alga *chondracanthus chamissoi*.

Los resultados de las 18 unidades muestrales referidos a la concentración final de plomo (II) se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Concentraciones finales de Pb²⁺ en (mg/l) de los tratamientos experimentales

Diseño experimental bifactorial		
pH	Tamaño de partícula	
	B1=75µm (mg/l)	B2=106 µm (mg/l)
A1=4	1,32	2,35
	1,61	2,45
	1,65	2,46
A2=5	0,71	1,72
	0,66	1,9
	0,87	1,69
A3=6	1,53	2,3
	1,63	2,01
	1,3	2,22

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5, se aprecia que en la concentración final de plomo (II) más baja fue de **0.66** mg/l a un pH 5 y a un tamaño de partícula de 75 µm de adsorbente.

A partir de los datos que se muestran en la tabla 5, se calcularon los porcentajes de adsorción de plomo (II) de los tratamientos experimentales para los tres niveles de pH (4, 5 y 6) y los dos niveles de tamaños de partícula del adsorbente (75 µm y 106 µm). Este resultado se muestra en la tabla 6. Donde se observa que el mayor porcentaje de adsorción fue de **93,4** % a un pH 5 y aún tamaño de partícula de 75 µm.

Tabla 6. Porcentaje de adsorción de plomo (II) de los tratamientos experimentales

Diseño experimental bifactorial		
pH	Tamaño de partícula	
	B1=75µm (%)	B2=106 µm (%)
A1=4	86,8	76,5
	83,9	75,5
	83,5	75,4
A2=5	92,9	82,8
	93,4	81
	91,3	83,1
A3=6	84,7	77
	83,7	79,9
	87	77,8

Fuente: Elaboración propia

En figura 2, se observa que en los tres niveles de pH, el porcentaje de adsorción es mayor con el adsorbente con tamaño de partícula de 75 µm a la de 106 µm y en ambos tamaños el mayor porcentaje promedio de adsorción es a un pH 5.

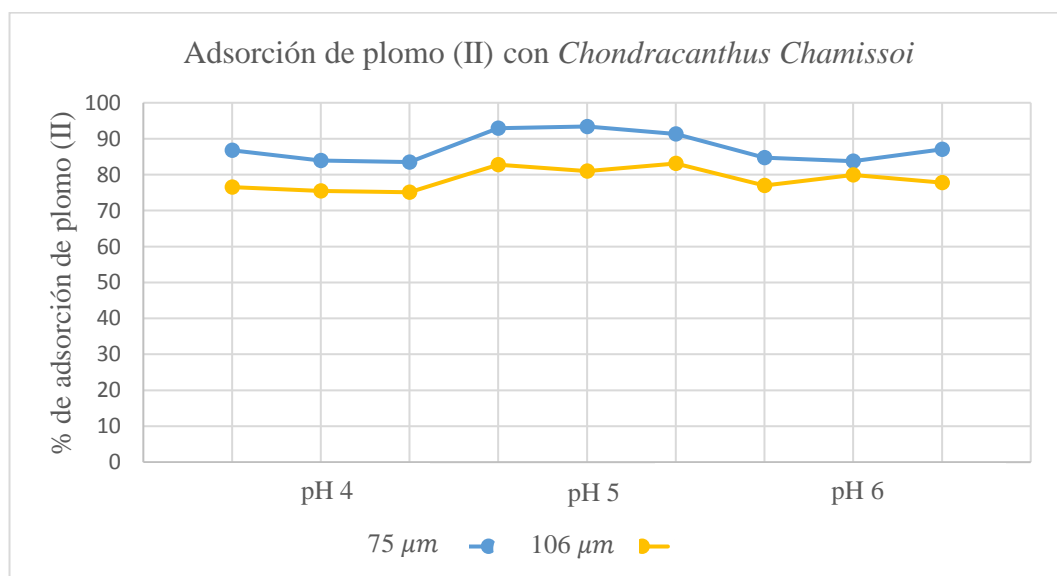


Figura 2. Porcentajes de adsorción de plomo (II), de los tratamientos experimentales

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos se analizaron empleando el programa estadístico IBM SPSS statistic v25, como requisito para el análisis de varianza (ANVA), se tuvo que tener en cuenta el cumplimiento de 2 dos principios estadísticos: prueba de normalidad y prueba de homogeneidad de varianzas. Ver el anexo 3.

Se tuvo como H_0 (hipótesis nula), los tratamientos son iguales y H_1 (Hipótesis alterna), al menos uno de los tratamientos es diferente.

En la tabla 7, se aprecia que los valores ($P < 0,05$), es decir que la P, es menor que el nivel de significancia (0,05) teniendo un nivel de confianza de 95%, por lo mismo, rechazamos la H_0 y se acepta la H_1 .

Tabla 7. Análisis de Varianza (ANVA)

Variable dependiente: Porcentaje					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	520,204 ^a	5	104.041	55.670	0.000
Intersección	124367.469	1	124367.469	66546.208	0.000
pH	172.001	2	86.001	46.017	0.000
tZ	339.736	1	339.736	181.785	0.000
pH * tZ	8.468	2	4.234	2.265	0.146
Fuente: IBM SPSS v25	22.427	12	1.869		
Total	124910.100	18			
Total corregido	542.631	17			

Para comparar el mejor resultado del pH y tamaño de partícula se usó la prueba HSD TUKEY. Debido a que esta prueba estadística exige como mínimo 3 niveles por factor, se aplicó solo para el pH por tener 3 niveles, mientras que el factor tamaño de partícula solo tiene 2 niveles. En la tabla 8, Prueba Tukey HSD para pH, se observa que el mejor porcentaje promedio de adsorción de plomo (II), se da en el subconjunto 2 con **87.4167%** a un pH 5.

Tabla 8. Prueba TUKEY para pH

Variable (pH)	N	Subconjunto	
		1	2
pH 4	6	80,2667	
HSD Tukey ^{a,b}	pH 6	6	81,6833
	pH 5	6	87,4167
	Sig.	0,213	1,000

Fuente: IBM SPSS v25

IV. DISCUSIONES

En la tabla 6, se observa de los porcentajes de adsorción de plomo (II) de las unidades experimentales teniendo los factores, pH (4, 5 y 6) y tamaño de partícula (75 μm y 106 μm), el mayor porcentaje de adsorción es de **93.4%** a un pH 5 y tamaño de partícula de 75 μm . El resultado obtenido refleja lo dicho por (CUIZANO y NAVARRO, 2008), las algas marinas son un modelo ideal para la biosorción en la eliminación de metales pesados en soluciones acuosas, por presentar en su estructura grupos funcionales: alginato y fucoídano, siendo el alginato con mayor afinidad para adsorber, al igual que (TEJADA, 2014), para estudios de biosorción de metales pesados, el pH interfiere directamente, debido a la presencia de iones de hidrógeno, favoreciendo la adsorción de metales a $\text{pH} > 4,5$ mientras que, pH entre 1,5 a 4 favorece la adsorción de aniones.

En figura 2, se observa los porcentajes de adsorción de plomo (II) con los tres niveles de pH (4, 5 y 6), y los dos niveles de tamaño de partícula (75 μm y 106 μm), el mayor porcentaje de adsorción se da a un pH 5 con tamaño de partícula de 75 μm . Este resultado es parecido a lo realizado por (VALLEJO, 2008) quién estudió al alga *Ulva Lactuca* para remover Cadmio (II) y Plomo (II), con pH (2, 3, 4, 5 y 6), siendo un pH 5 el más óptimo para adsorber estos metales pesados. Este resultado también se corrobora con lo obtenido por la prueba estadística Tukey HSD, tabla 8, siendo pH 5 el mejor resultado. Según (LODEIRO, Pablo et al, 2006), los pH ácidos reducen la capacidad del material adsorbente para capturar y retener plomo, debido a la solubilización del catión en la matriz acuosa y la hidrólisis del adsorbente.

Con respecto al tamaño de partícula, en 75 μm se da un mayor porcentaje de adsorción de plomo (II), (CARRERA, 2017) mostró que, a menor tamaño de partícula de biomasa adsorbente, aumenta los sitios activos para una mayor adsorción de metales pesados; en el tamaño de partícula 106 μm , también se observa una alta adsorción de plomo (II), el cual afirma (PINZON y CARDONA, 2010), las partículas de un tamaño $< 300 \mu\text{m}$, han probado tener una alta eficiencia de remoción de metales pesados en medios acuosos.

La dosis de material adsorbente empleada fue de 0,1 g para los 18 tratamientos experimentales, (CHUQUILÍN y OSALES, 2016) menciona que, a menos adsorbente, mayor será la distancia entre partículas (sitios activos), mayor será la adsorción de iones metálicos, también afirma que la dosis del material adsorbente es directamente proporcional al volumen de la solución, como se verifica en los resultados de los porcentaje de adsorción de Pb(II) de las 18 unidades experimentales de esta investigación.

Se tuvo una eficiencia de adsorción de Plomo (II) del **93,4%**. A diferencia de (Vizcaíno y Fuentes, 2014), obtuvo promedios superiores del 95% de eficiencia para remover Cadmio y Plomo mediante algas rojas pre tratadas con de NaOH o HCl(1M).

Mientras que (VALLEJO, 2008) obtuvo 131,58 mg Pb(II)/g empleando alga *Ulva Lactuca* pre tratada con ácido nítrico para adsorber Plomo (II), en esta investigación se obtuvo 4,67 mg Pb(II)/g de alga, esta diferencia se debe a que no se hizo ningún pre tratamiento al alga *Chondrcanthus Chamissoi*, porque según (PLAZA, 2012) realizar un pre tratamiento al alga para estudios de biosorción, mejora su estructura, evita la pérdida de alginato y aumenta la eficiencia de remoción de metales pesados, por lo que este estudio puede llegar a un 100% de adsorción de plomo (II).

V. CONCLUSIÓN

- Se comprobó que el *Chondracanthus chamissoi* como biosorbente influye positivamente en la adsorción de plomo (II), siendo una alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas por este metal, adsorbiendo más del **93%** por consiguiente es viable, de bajo costo para su implementación, como se observa en el anexo 2.
- EL pH influye benéficamente en la adsorción de plomo (II), con mejor eficiencia de adsorción a pH 5 y menor eficiencia de adsorción a un pH 4.
- El tamaño de partícula *Chondracanthus chamissoi* influye positivamente en la adsorción de plomo (II), obteniendo mejor adsorción a un tamaño de partícula de 75µm.

VI. RECOMENDACIONES

- Profundizar más el estudio de las variables, temperatura, tiempo de contacto y velocidad de agitación.
- Trabajar con diferentes concentraciones de plomo (II), que estén por encima de 10 ppm.
- Realizar un pre tratamiento al alga *Chondracanthus Chamissoi* con al menos uno: CaCl_2 , NaCl , NaOH 0.1N, HNO_3 o HCl (1M). Para mejorar la capacidad de adsorción del alga, pudiendo llegar al 100% de eficiencia.
- Para la adsorción de plomo (II) con *Chondracanthus Chamissoi*, se recomienda trabajar con pH mayores o iguales a 5.
- Evaluar el alga después que ha sido filtrada, llevar a incinerar para volver a recuperar el metal pesado Pb (II).

VII. REFERENCIAS

- ✚ CARRERA Luis. Biosorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales mediante cascara del tomate de árbol (*Solanum Betaceum*). Tesis (obtención a título de ingeniero ambiental). Cuenca. Universidad Politécnica Salesiana. 2017, p. 120.
- ✚ CARBAJAL Wilmer, GALÁN, Julio, DE LA CRUZ Jaime. Prospección del recurso *Chondracanthus chamissoi* “cochayuyo” en la playa de huanchaco (Trujillo). 2005, p.10.
- ✚ CAVIEDES Diego et al (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Revista Ingeniería y Región.vol13. n°1 (2015) 73-90.
- ✚ CALDERON Martha, RAMIREZ María, BUSTAMANTE Danilo. Notas sobre tres especies de Gigartinaceae (Rhodophyta) del litoral peruano. Rev. Perú biol. [online]. 2010, vol.17, n.1 [citado 2014-09-19], pp. 115-122. En: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172799332010000100014&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1727-9933.
- ✚ C. Norma, N. Abel. Bio-sorción de iones metálicos mediante algas marinas: Posible solución a la contaminación a bajas concentraciones. Vol1 104. n° 2 (2008) 120 - 125.
- ✚ ERÓSTEGUI REVILLA, Carlos. Contaminación por metales pesados. Universidad Mayor d San Simón. Boilivia. 2009. Revista científica ciencia médica. ISN 1817-7433. Vol. 12. No. 1, p.1.
- ✚ CHUQUILÍN, Roberto y ROSALES, Dyana. Estudio de la biosorción de Cd² y Pb² con *Nostoc sphaericum* Vaucher. Rev. Soc. Quím. Perú. 81(1). (2016) 49-60.
- ✚ G. J., Luis y C. R., usana. Eficacia de la capacidad de adsorción mediante *Citrus sinensis* pre tratada con quitosano en la remoción de Cr (iv) en aguas residuales. Tesis para obtener el título de ingeniero Químico. Cartagena de Indias. Universidad de Cartagena. Facultad de ingeniería. (2012) p.129.
- ✚ GARCÍA, A. et al. Estudio de la cinética de biosorción de iones plomo en pectina reticulada proveniente de cáscaras de cítricos. Rev. la Soc. Química del Perú, vol. 77, no. 3, (2011) 173-181.

- ✚ G. Alejandro y G. Julio. Influencia de la Temperatura y velocidad de agitación en la adsorción de Pb y Zn mediante *Musa Sapientum*. Tesis para obtener el título de ingeniero Metalúrgico. Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo. (2016) p.86.
- ✚ GRANADOS Jairo. Soluciones buffer-amortiguadoras. Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente. UNAD. (2014). pp. 7. Disponible en línea: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/4810/1/334001%20Soluciones%20buffer-Amortiguadoras.pdf>
- ✚ LODEIRO Pablo et al (2006). La macro alga marina (*Cystoseira baccata*) como biosorbente para la eliminación de cadmio (II) y plomo (II): estudios cinéticos y de equilibrio. Vol. 142. n° 2. (2006) 264-273.
- ✚ LARA José et al. Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao. Rev. ION. 29 (2), pp.113-124.2016.
- ✚ MICCABE, Waren et al. Manual en operaciones unitarias en Ingeniería Química. (1998) p.803.
- ✚ MURITHI, G et al. Removal of Cadmium(II) Ions from Water by Adsorption using Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Biomass. Vol 9. n° 2. (2014) 3613-3631.
- ✚ Otaíza, R, D Y Cáceres. Manual de una técnica para el repoblamiento de chicoria de mar, *Chondracanthus Chamissoi* (C. Agardh) Kutzing (Rhodophyta, Gigartinales), en praderas naturales, Región del Biobío. Proyecto FONDEF-HUAMAM AQ1210004. (2015) p.40.
- ✚ P. Josefina. adsorción de metales pesados usando alga marina. Tesis (Doctora química). Argentina. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Exactas. 2012, p.166.
- ✚ PINZON, Martha y CARDONA, Angélica. Caracterización de la cáscara de naranja para su uso como material bioadsorbente. Volumen 6. n° 1. (2008) 1-23.
- ✚ PNUMA, Análisis de flujo del comercio y revisiones de buenas prácticas ambientales ante productos contaminados con Pb, Cd y Hg en América Latina y Caribe. 2010, p.57.
- ✚ RODRÍGUEZ, Erick, et al. "Algas marinas del litoral de la región La Libertad, Perú". Rev. SciELO, Vol.9 no.1. Trujillo. pp. 11.2017.

- ✚ RAMIREZ, Juan. Efecto del pH y tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* en adsorción de Cr del vertido de la curtiembre “Chimú SAC”-Trujillo. Tesis (ingeniero ambiental). Trujillo-Perú. Universidad César Vallejo, Escuela de Ingeniería Ambiental, 2016, p.57.
- ✚ SANCHEZ, J Y CAMESELLE, C. Bio-sorción de mercurio (Hg^{2+}) usando residuos orgánicos sólidos residuales como adsorbentes. 74 (577) 2016, p.8.
- ✚ SICCHA, Ana. Eficiencia de la biosorción de Pb usando cochayuyo (*Chondracanthus chamissoi*). 2012, p.47.
- ✚ SALOUA Ben, Alemi. Aprovechamiento de hueso de aceituna, biosorción de metales. Tesis (Doctor en química). Granada, España: Universidad de Granada, Departamento de Química. 2010. 251 p.
- ✚ TEJADA candelaria et al. Evaluación de la bio-sorción con palma africana en la eliminación de Pb^2 en solución. Prospectiv. 13 (1). pp 59-67. 2015.
- ✚ T. Candelaria, V. Ángel, G. Luz. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico”, Tecnológicas, 18 (34). pp. 109-123, 2014.
- ✚ VALLEJO, Karleidys. Estudio de la adsorción de Cadmio (II) y Plomo (II), mediante *Ulva Lactuca* (lechuga de mar). Tesis (Licenciada en química). Cumaná-Venezuela. Universidad de Oriente. Escuela de Ciencias, 2008, p. 96.
- ✚ VIDAL, Lida y Ryan, Carolina, 2015. Chicorea de mar (*Chondracanthus Chamissoi*): Situación perspectivas, Innova Chile de CORFO, cod 13brp2-22126. 75 p.
- ✚ VISCAÍNO Lissette, FUENTES Natalia. Adsorción de Cadmio, Plomo y Zinc con biomasa pre tratada de alga roja, cáscara de naranja y pulpa de tuna. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. 25 (1): 43-60, 2015.
- ✚ VIZCAÍNO Lissette, FUENTES Natalia, GONZÁLES Harold. Adsorción de plomo (II) en solución acuosa con tallos y hojas de *Eichhornia crassipes*. Rev. UDCA. 20 (2): 435-444, 2017.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Instrumento de recolección de datos

Datos Generales	Universidad César vallejo	Ingeniería Ambiental		
Título de la investigación	“Efecto del pH y tamaño de partícula de <i>Chondracanthus chamissoi</i> en adsorción de plomo (II) en soluciones buffer”			
Investigadores	Carhuanira Herrera, Neiver Vásquez Murrieta, Arthur			
Instrucción	Llenar según corresponda a cada ítem.			
Medición	Fecha:		Lugar:	
alga <i>Chondracanthus chamissoi</i>	concentración inicial (Ci)	Plomo: Ci1: Ci2: Ci3:.....		
	concentración final (Cf)	Plomo: Cf1: Cf2: Cf3:.....		
	capacidad de adsorción	% ads. =[(Ci – Cf)/ Ci] *100		
Procedimiento:	los análisis se realizarán en un laboratorio.			
adsorción	adsorción promedio	repetición1	repetición2	repetición3
resultados:	parámetros			
	Plomo			
observaciones:				

Anexo 2: Concentraciones finales de plomo (II) en mg/l y porcentajes de los tratamientos experimentales

Muestra	Solución de Pb, ppm	Agitación (250 rpm), hrs	pH	Partícula, μm	Concentración final de Pb (II)	% de adsorción de plomo
1	10.0	3.0	5	≤ 75	0.71	92,9
2	10.0	3.0	5	≤ 75	0.66	93,4
3	10.0	3.0	5	≤ 75	0.87	91,3
4	10.0	3.0	6	≤ 75	1.53	84,7
5	10.0	3.0	6	≤ 75	1.63	83,7
6	10.0	3.0	6	≤ 75	1.3	87,0
7	10.0	3.0	4	≤ 75	1.32	86,8
8	10.0	3.0	4	≤ 75	1.61	83,9
9	10.0	3.0	4	≤ 75	1.65	83,5
10	10.0	3.0	6	≤ 106	2.3	77,0
11	10.0	3.0	6	≤ 106	2.01	79,9
12	10.0	3.0	6	≤ 106	2.22	77,8
13	10.0	3.0	5	≤ 106	1.72	82,8
14	10.0	3.0	5	≤ 106	1.9	81,0
15	10.0	3.0	5	≤ 106	1.69	83,1
16	10.0	3.0	4	≤ 106	2.35	76,5
17	10.0	3.0	4	≤ 106	2.45	75,5
18	10.0	3.0	4	≤ 106	2.46	75,4

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Prueba de normalidad utilizando Shapiro-Wilk

Sigue una distribución normal si la nube de puntos va cerca de la línea o recta. En la figura 4 se observa esta característica.

Para el pH

H₁: La adsorción de plomo (II) con alga *Chondracanthus chamissoi* en soluciones buffer, según el pH sigue una distribución normal.

H₀: La adsorción de plomo (II) con alga *Chondracanthus chamissoi* en soluciones buffer, Según el pH no sigue una distribución normal.

La prueba es significativa ($P > 0.05$), entonces se acepta la H_1 , entonces, afirmamos estadísticamente que los datos cumplen con el supuesto de normalidad, teniendo un nivel de confiabilidad del 95%.

Prueba de Normalidad (pH)	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
% de adsorción de Pb^{2+}	4	,837	6	,122
	5	,821	6	,089
	6	,928	6	,562

Fuente: IBM SPSS v25

Tamaño de partícula (μm)

H_1 : La adsorción de plomo (II) con alga *Chondracanthus Chamissoi* en soluciones buffer, según el tamaño de partícula sigue una distribución normal.

H_0 : La adsorción de plomo (II) con alga *Chondracanthus Chamissoi* en soluciones buffer, Según el tamaño de partícula no sigue una distribución normal.

La prueba es significativa ($P > 0.05$), entonces se acepta la H_1 , entonces, se afirma estadísticamente que los datos siguen una distribución normal, teniendo un nivel de confiabilidad de 95%.

Tamaño de partícula (μm)	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
% de adsorción	75	,845	9	,066
de Pb^{2+}	106	,898	9	,238

Fuente: IBM SPSS v25

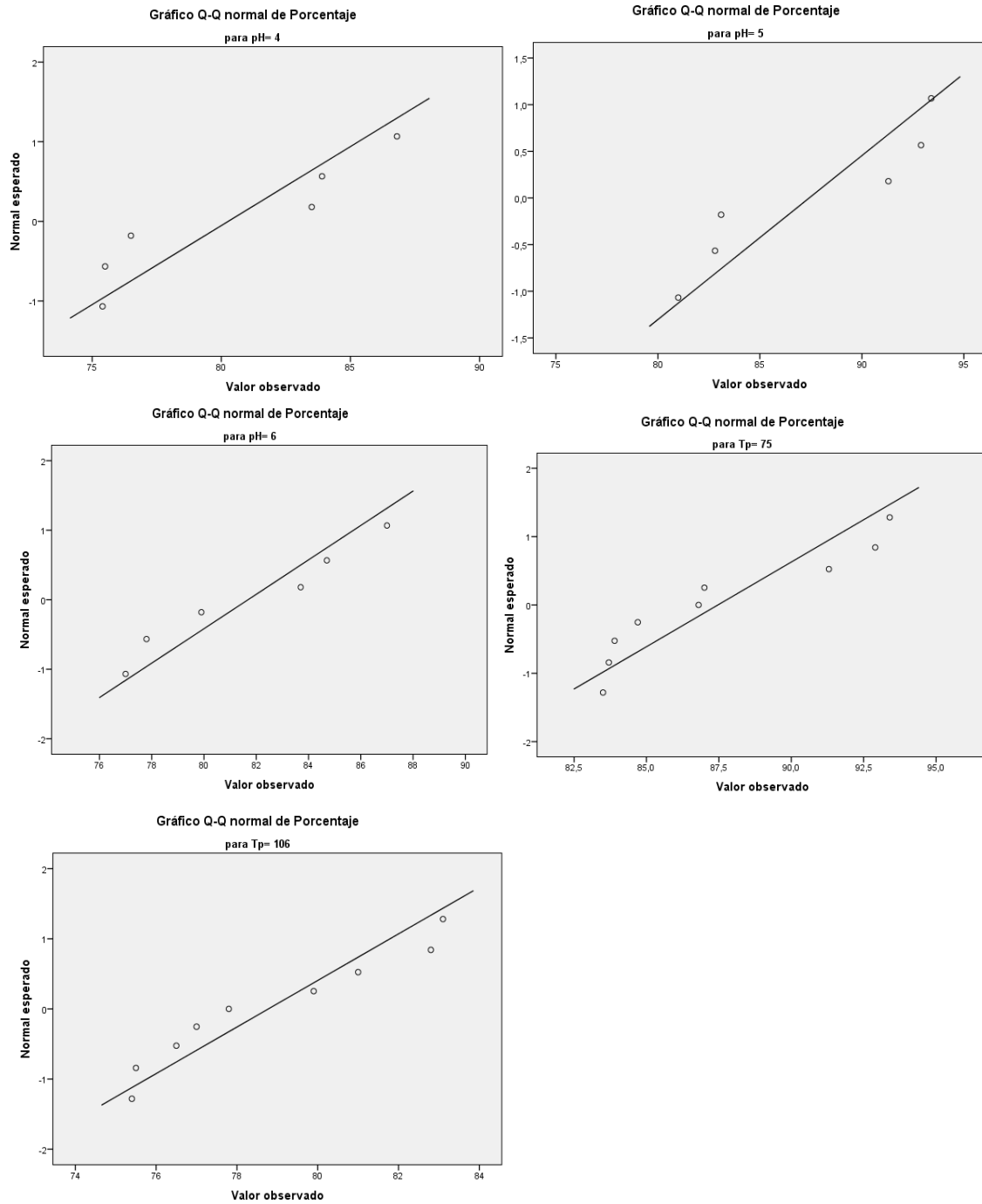


Figura 3. Prueba de Normalidad de adsorción de plomo (II)

Fuente: IBM SPSS v25

Prueba de homogeneidad de varianzas

Se usó el método estadístico de Levene, donde la probabilidad ($P > 0.05$). El nivel de significancia es mayor que 0.05, cumpliendo con la prueba de homogeneidad de varianzas entre el pH y el tamaño de partícula de adsorción de plomo (II), con una significancia del 0.05%.

Prueba de homogeneidad de Levene

F	gl1	gl2	Sig.
1,142	5	12	,391

Fuente: IBM SPSS v25

Anexo 4. Imágenes de la parte experimental de la tesis

Imagen 1: Ubicación de la playa Puémape – al Suroeste de San Pedro de Lloc



Fuente: Google Maps, 2018

Imagen 2: Lavado del alga *Chondracanthus chamissoi*



Fuente: propia

Imagen 3: Secado del Alga *Chondracanthus Chamissoi* a la Estufa (45°C)



Fuente: propia

Imagen 4: Trituración del Alga *Chondracanthus Chamissoi*



Fuente: propia

Imagen 5: Tamizado del *chondracanthus chamissoi* (75, 106) μm



Fuente: propia

Imagen 6: Pesaje del alga *chondracanthus chamissoi*



Fuente: propia

Imagen 7: Muestras con alga *chondracanthus chamissoi* listas para agregar soluciones buffer y 10 ppm de Pb (II)



Fuente: propia

Imagen 8: Filtrado de las muestras



Fuente: propia

Imagen 9: Agitación magnética de las muestras con *chondracanthus chamissoi*.



Fuente: propia

Imagen 9: Determinación de la concentración final de Pb (II) por método Espectrometría de absorción atómica



Fuente: propia

Imagen 10: Porcentaje de Adsorción de Pb (II) con alga *chondracanthus chamissoi*



SERVICIOS DE ANÁLISIS Y ASESORÍA
DELTAS S.R.L.

REPORTE DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Carhuanira Herrera Neiver, Vasquez Murrieta Arthur

MUESTRA : ALGAS (Chondracanthus chamissoi)

PROCEDENCIA : TRUJILLO

FECHA DE INGRESO : 05 DE NOVIEMBRE DE 2018

MUESTRA	Solución de Pb, ppm	Agitación(250 rpm), hrs	pH	Partícula, μm	% de adsorción de plomo
1	10.0	3.0	5	$\leq 75 \mu\text{m}$	92,9
2	10.0	3.0	5	$\leq 75 \mu\text{m}$	93,4
3	10.0	3.0	5	$\leq 75 \mu\text{m}$	91,3
4	10.0	3.0	6	$\leq 75 \mu\text{m}$	84,7
5	10.0	3.0	6	$\leq 75 \mu\text{m}$	83,7
6	10.0	3.0	6	$\leq 75 \mu\text{m}$	87,0
7	10.0	3.0	4	$\leq 75 \mu\text{m}$	86,8
8	10.0	3.0	4	$\leq 75 \mu\text{m}$	83,9
10	10.0	3.0	4	$\leq 75 \mu\text{m}$	83,5
10	10.0	3.0	6	$\leq 106 \mu\text{m}$	77,0
11	10.0	3.0	6	$\leq 106 \mu\text{m}$	79,9
12	10.0	3.0	6	$\leq 106 \mu\text{m}$	77,8
13	10.0	3.0	5	$\leq 106 \mu\text{m}$	82,8
14	10.0	3.0	5	$\leq 106 \mu\text{m}$	81,0
15	10.0	3.0	5	$\leq 106 \mu\text{m}$	83,1
16	10.0	3.0	4	$\leq 106 \mu\text{m}$	76,5
17	10.0	3.0	4	$\leq 106 \mu\text{m}$	75,5
18	10.0	3.0	4	$\leq 106 \mu\text{m}$	75,4

A: Método de espectrofotometría de absorción atómica a la llama

Trujillo 13 de noviembre de 2018


ING. NOÉ COSTILLA SÁNCHEZ
JEFE DE LABORATORIO
PERITO QUÍMICO - CIP: 18715



Urb. Monserrate 5ª Etapa Mz. D2 Lote 9 - Trujillo - La Libertad. R.U.C. 20482155058
Telef.: 044-280011 - 949 960633 - 949 564849. E-mail: deltas09@yahoo.com