



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Eficiencia de cuatro biomásas de *eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero yacuchingana – cajamarca”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Ambiental**

AUTOR:

Bach. LOZADA MUÑOZ, ELBER YAIR, (ORCID: 0000-0002-6162-746X)

ASESOR:

Dr. MONTEZA ÁRBULU, CESAR AUGUSTO, (ORCID: 0000-0003-2052-6707)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

CHICLAYO - PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar a este día tan importante para mi familia y para mí, por jamás abandonarme y nunca dejarme ir por los malos caminos.

A mis padres Ester y Rolando, a los cuales agradezco infinitamente todo el sacrificio que hicieron por mí, ya que sin ellos nada de esto sería posible, agradecerles por estar siempre conmigo, por haber confiado en mí siempre.

A mis hermanos Melody y Liam, por ser el motivo de querer superarme día a día, por estar siempre conmigo, por sacarme una sonrisa en tiempos difíciles porque cuando estoy con ellos siento que todo estará bien.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme dar una alegría a mis padres, por darme salud y fuerzas para siempre poder salir adelante y por darme la dicha de tener a las personas que más amo a mi lado.

A mis padres por tantos sacrificios, porque a pesar de todos los problemas siempre salimos adelante, por darme su cariño, su amor y su confianza porque no los defraude porque hoy podemos decir que lo logramos, ustedes son los mejores padres que Dios me pudo dar, jamás me cansare de agradecer todo lo que hicieron y vienen haciendo por mis hermanos y por mí.

A todos mis docentes de la Universidad César Vallejo en especial a mi asesor el Ingeniero César Augusto Monteza Arbulú, por haberme brindado sus conocimientos y por haberme guiado durante la elaboración de mi tesis.

PÁGINA DEL JURADO



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 20.00 horas del día, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 0847-2019/UCV-CH, de fecha 24 de mayo del 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación del Trabajo de Investigación titulado: **“Eficiencia de cuatro biomosas de Eichhornia crassipes en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca”**, presentado por el (la) **Bachiller:**

LOZADA MUÑOZ, ELBER YAIR, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

PRESIDENTE : Dra. Bertha Magdalena Gallo Gallo

SECRETARIO (A) : Dra. María Raquel Maxe Malca

VOCAL : Dr. Cesar Augusto Monteza Arbulú

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:


Aprobado por Unanimidad

Siendo las 20.50 horas del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 28 de mayo del 2019


.....
Bertha Magdalena Gallo Gallo
Presidente


.....
María Raquel Maxe Malca
Secretario


.....
Cesar Augusto Monteza Arbulú
Vocal

Innovación
que transforma



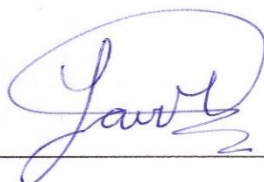
ucv.edu.pe

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Elber Yair Lozada Muñoz, con DNI N° 72470477, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de INGENIERÍA, Escuela de INGENIERÍA AMBIENTAL, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaña es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.



ELBER YAIR LOZADA MUÑOZ

DNI: 72470477

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
INDICE	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad Problemática	12
1.2. Trabajos previos.....	14
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	17
1.3.1. Metales pesados:.....	17
1.3.2. Concentración de cadmio:	18
1.3.3. Aguas residuales:	18
1.3.4. Tratamiento de aguas residuales	19
1.3.5. Plantas macrófitas o acuáticas	20
1.3.6. Tratamiento de aguas residuales con plantas macrófitas o acuáticas.	20
1.3.7. Fitorremediación.....	21
1.3.8. <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua):	23
- Acción fitorremediadora de la <i>Eichhornia crassipes</i>	25
1.3.9. Parámetros físico – químicos.....	26
1.4 Formulación del problema	27
1.5 Justificación del estudio.....	27
1.6 Hipótesis	28
1.7 Objetivos.....	28

1.7.1 General:.....	28
1.7.2 Específicos:.....	28
II. MÉTODO	29
2.1. Diseño de investigación	29
2.2. Variables, Operacionalización	29
2.3. Población y Muestra	32
2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	32
2.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	32
2.4.2. Técnica de campo (recolección de muestras)	32
- Instalación de los estanques de agua.....	34
2.4.3. Métodos de determinación analítica	35
2.4.4. Instrumentos, Materiales y Equipos De Recolección De Datos	36
2.4.5. Validez y confiabilidad del instrumento.....	37
2.5. Método de análisis de datos	38
2.6. Aspectos éticos	38
III. RESULTADOS	39
3.1. Determinación analítica de la concentración inicial del cadmio, pH, C.E., turbidez y temperatura.	39
3.2. Determinaciones analíticas de la concentración de cadmio de las muestras obtenidas, después de los tratamientos con las cuatro biomásas en los tres espacios de tiempo.	39
3.3. Cálculos de remoción de cadmio de los diferentes tratamientos en los tres espacios de tiempo.	44
3.4. Determinación analítica de los parámetros físicos y químicos de las muestras obtenidas de los tratamientos con las cuatro biomásas en los tres espacios de tiempo. ..	45
IV. DISCUSIÓN	50
V. CONCLUSIONES	52
VI. RECOMENDACIONES	53

VII. REFERENCIAS	54
VIII. ANEXOS	59
Acta de aprobación de originalidad de tesis	82
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV	83
Autorización de la versión final del trabajo de investigación	84

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Taxonomía de la <i>Eichhornia crassipes</i>	25
Tabla N° 2: Operacionalización de variables.	30
Tabla N° 3: Resultados de la prueba control.	39
Tabla N° 4: Concentración del cadmio después de aplicar las cuatro biomosas.	39
Tabla N° 5: % de remoción de cadmio después del tratamiento con las cuatro biomosas y en los tres espacios tiempos.....	44
Tabla N° 6: pH después de aplicar las cuatro biomosas.	45
Tabla N° 7: Temperatura después de aplicar las cuatro biomosas.....	46
Tabla N° 8: C.E. después de aplicar las cuatro biomosas.....	47
Tabla N° 9: Turbidez después de aplicar las cuatro biomosas.....	48

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1: Concentración del cadmio después de aplicar las cuatro biomosas, en la primera semana.....	40
GRÁFICO N° 2: Concentración del cadmio después de aplicar las cuatro biomosas, en la segunda semana.	41
GRÁFICO N° 3: Concentración del cadmio después de aplicar las cuatro biomosas, en la tercera semana.	42
GRÁFICO N° 4: Concentración del cadmio después de aplicar las cuatro biomosas, en los tres espacios de tiempo.	43
GRÁFICO N° 5: pH después de aplicar las cuatro biomosas.	45
GRÁFICO N° 6: Temperatura después de aplicar las cuatro biomosas.....	46
GRÁFICO N° 7: C.E. después de aplicar las cuatro biomosas.....	47
GRÁFICO N° 8: Turbidez después de aplicar las cuatro biomosas.....	48

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo general determinar la eficiencia de cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca, para lo cual se tuvo que acondicionar un lugar al aire libre en una vivienda, en donde se instalaron cuatro estanques de agua con dimensiones: ancho 50 cm, altura 30cm y largo 70 cm, cada uno de ellos con distintas biomásas de *Eichhornia Crassipes* las cuales se encargaron de realizar los tratamientos a estas aguas.

El primer tratamiento estuvo compuesto por 20 plantas, el segundo por 30, el tercero por 40 y el cuarto con 50, los cuatro tratamientos tuvieron 50 lt de agua respectivamente, se consideró este lugar por motivos de buena ventilación, luz, temperatura y además para tener mayor facilidad de monitoreo; las biomásas de *Eichhornia* realizaron los tratamientos del agua en tres espacios de tiempo que fueron en 7, 14 y 21 días.

La concentración de cadmio presente en las aguas residuales se midió antes y después de los tratamientos con el fin de determinar la concentración del cadmio, los análisis posteriores se realizarán mediante el método metales en agua por absorción atómica usando el espectrofotómetro de absorción atómica, que sirvió para determinar la cantidad de cadmio removido por los diferentes tratamientos y en los tres espacios de tiempo.

Luego de haber evaluado periódicamente la remoción de cadmio en las aguas residuales tratadas con las cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes*, se determinó la eficiencia de esta planta para remover metales pesados, obteniendo como resultados que la biomasa tres la cual está compuesta por 40 plantas y a los 21 días fue la más eficiente teniendo un 94.64 % de remoción de cadmio.

Palabras clave: Biomásas, *Eichhornia crassipes*, remoción de cadmio.

ABSTRACT

The general objective of this thesis was to determine the efficiency of four biomasses of *Eichhornia crassipes* in the removal of cadmium in sewage waters at Yacuchingana - Cajamarca trap, for which an outdoor place had to be conditioned in a house, where four water ponds were installed with dimensions: width 50 cm, height 30 cm and length 70 cm, each one of them with the biomasses of *Eichhornia crassipes*, which were in charge of carrying out the treatments to these waters.

The first treatment was composed by 20 plants, the second by 30, the third by 40 and the fourth by 50, the four treatments, 50 lt of water respectively, this place was considered because of good ventilation, light, temperature and also to have more ease of monitoring; the biomasses of *Eichhornia* did the water treatments in the time spaces that were in 7, 14 and 21 days.

The concentration of cadmium present in the sewage waters was measured before and after the treatments in order to determine the concentration of cadmium, the subsequent analysis is carried out by the metals method and water for atomic absorption using the spectrophotometer of the Atomic absorption, which was used to determine the amount of cadmium removed by the different treatments and in the three spaces of time.

After evaluating periodically the removal of cadmium in the treated water with the four biomasses of *Eichhornia crassipes*, the efficiency of this plant was determined to remove heavy metals, obtaining as a result that biomass three, which is composed of 40 plants and at 21 days, was the most efficient considering a 94.64% removal of cadmium.

Key words: Biomass, *Eichhornia crassipes*, cadmium removal.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los principales temas con mayor preocupación a nivel mundial es el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento alguno a los cuerpos receptores como son los ríos, lagunas, lagos y mares, siendo esta una de las principales causas por la cual nuestro recurso hídrico se encuentra muy contaminado, las aguas residuales son aguas contaminadas con elementos tóxicos tales como materia fecal, desechos de camales, infiltración de los terrenos agrícolas y metales pesados como plomo, cromo, cobre, arsénico, zinc y cadmio, siendo este último el más perjudicial para la salud humana causando enfermedades cancerígenas y cardiovasculares en el hombre, además de disminuir la calidad del agua (Simón, 2008).

El Perú no es ajeno a este problema, ya que se registra un alto porcentaje de contaminación en las aguas producidas principalmente por el vertimiento de aguas residuales contaminadas con metales pesados, es por ende que el Ministerio del ambiente en coordinación con otras entidades establecen estándares de calidad ambiental (ECA) y límites máximos permisibles (LMP) con la finalidad de proteger y cuidar el agua, siendo estos exigibles y de cumplimiento obligatorio para todas las personas y/o empresas.

La presente investigación se llevó a cabo con el fin de ser una opción para disminuir la contaminación del recurso hídrico, la cual tiene como objetivo general determinar la eficiencia de cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca, la *Eichhornia* es una planta acuática cuyas raíces permanecen flotando es muy conocida por el potencial que tiene para remover metales pesados y por ser una planta invasora. Existen diversas investigaciones las cuales han estudiado y han demostrado la eficiencia de la *Eichhornia crassipes* para la remoción de metales pesados en aguas residuales, donde utilizan distintos tratamientos, métodos y equipos para identificar la cantidad de remoción de metales pesados en aguas contaminadas por estos.

Es por ende que debido a los antecedentes se optó por utilizar esta planta para remover cadmio en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana, la determinación del cadmio presente en las aguas se realizó mediante el método de metales en agua por absorción atómica usando el espectrofotómetro de absorción atómica.

Los resultados que se obtuvieron fueron positivos ya que se determinó la eficiencia que tiene esta planta macrofita para remover el cadmio presente en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana.

1.1. Realidad Problemática

A nivel internacional todos los países apuntan a un desarrollo social y económico, para lo cual se han aplicado estrategias de mejora en temas de construcción, proyectos industriales y otros. Con el transcurrir de los años efectivamente se ha conseguido el desarrollo económico esperado, pero al mismo tiempo se ha provocado el deterioro del ambiente ocasionando contaminación de cuerpos hídricos a causa del vertimiento de aguas residuales de fuentes domésticas, industriales y urbanas.

(Mejía, 2018). Nos menciona en la revista Justicia Viva que las aguas residuales son aquellas que han sido modificadas por las actividades humanas cambiando sus características iniciales y que por la baja calidad que tienen necesitan y deben tener tratamientos antes de ser vertidas a un cuerpo natural como son los ríos, lagunas, lagos y mares.

Las aguas residuales son las aguas contaminadas con elementos tóxicos tales como la materia fecal, desechos de camales, infiltración de los terrenos agrícolas y metales pesados como plomo, cromo, cobre, arsénico, zinc y cadmio, siendo este último el más perjudicial para la salud humana causando enfermedades cancerígenas y cardiovasculares en el hombre, además de disminuir la calidad de los cuerpos de agua y también la muerte de la flora y fauna, casi siempre contienen grandes cantidades de metales que proceden principalmente de la actividad industrial, recubrimientos, generación de cloro, fabricación y limpieza de baterías, pilas, teñidos, etc. (Simón, 2008).

En el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas nos dice que todos los países potencia dan tratamiento aproximadamente al 70% de las aguas residuales industriales y urbanas. En los países con una economía medio-alta la cantidad disminuye al 38%, en países donde tienen una economía medio-baja sólo el 28% y sólo el 8% en países pobres dan tratamiento a sus aguas residuales. Estas cantidades aproximadas apoyan a citas en donde a nivel mundial de todas las aguas residuales que se depositan más del 80% no tiene tratamiento alguno. Principalmente en países en desarrollo es donde se arroja las aguas residuales sin un previo tratamiento, esto se ha vuelto una práctica habitual, generado por diversas situaciones como la carencia de financiación, falta de capacidad

institucional, técnica y falta de infraestructuras. (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2017).

En Perú en el año 2010 el 70% de aguas residuales domésticas e industriales se vertían a los cuerpos de agua sin previos tratamientos. En el año 2012 la Autoridad Nacional del Agua registraba que las evaluaciones a los recursos hídricos indicaban un alto nivel de contaminación siendo el 50%, poniendo en un alto riesgo el uso del agua, esto es afectado por los vertimientos de aguas residuales industriales, pasivos ambientales, municipales, mineras, erosión de suelos, agrícolas y la contaminación. Es importante que se cuente con una adecuada legislación, que regule el vertimiento de las aguas residuales para que no afecte la calidad del agua de donde desemboque, ya que solo el 14% de las 143 plantas de tratamiento que existen en nuestro país cumplen con los Límites Máximos permisibles en vigencia. (Larios, Gonzales y Morales, 2015).

En nuestro país uno de los tantos problemas con respecto al manejo de aguas residuales es la insuficiencia cobertura en el servicio de alcantarillado. Además, las 50 empresas prestadoras de servicio de saneamiento (EPS) solo llegan a cubrir un 69.6% de la comunidad urbana del Perú. Existiendo una insuficiencia con respecto al tratamiento de estas aguas, siendo este procedimiento indispensable para impedir la proliferación de los focos infecciosos que perjudiquen el bienestar de los seres humanos y la contaminación de la flora y fauna. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014).

A nivel local la Agenda Ambiental Regional de Cajamarca nos menciona que en esta ciudad las aguas residuales eran vertidas a las lagunas de oxidación que están ubicadas frente a la Universidad Nacional de Cajamarca por la empresa SEDACAJ en el año 2005, en donde sólo se trataba el 70% y el 30% sobrante eran arrojadas sin ningún tratamiento a los ríos Mashcón y San Lucas. Sin embargo, es lamentable que desde el año 2012 el departamento de Cajamarca solo viene dando tratamiento al 50.47 %, de las aguas servidas generadas, es decir casi el 50% de las aguas residuales tienen como disposición final las ramificaciones hídricas (diversos ríos, quebradas, canales, etc.) del departamento (Comisión Ambiental Regional de Cajamarca [SIAR], 2015).

1.2. Trabajos previos

(Poma, 2014). En este proyecto de investigación se incluyó pruebas donde se mejoran los ambientes del pH, nutriente y la concentración de iones metálicos. La planta *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) fue llevada a temperatura ambiente y sometida a soluciones acuosas de los metales mercurio y cadmio.

Los resultados del tratamiento de las aguas residuales utilizando la planta *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) fueron sometidos al método APHA 3030-e y para las muestras de esta planta se utilizó el método EPA 200.3 llamada digestión de tejidos vegetal y animal. Para medir la concentración de mercurio se utilizó un equipo de absorción atómica y la agrupación de iones metálicos se midió utilizando un equipo ICP-OES que fue para el cadmio.

Al utilizar los métodos nos dio como resultado que el pH adecuado es 5, la cantidad óptima es 1 ml del nutriente de A y 0,5 ml del nutriente B y la concentración adecuada para los dos iones metálicos de mercurio y cadmio es 5 mg/l. Al obtener estos resultados podemos asegurar la supervivencia de la planta acuática aplicando las remociones de mercurio (II) y cadmio (II) conteniendo una solución de 5 mg/l de los iones metálicos.

Los porcentajes de absorción de la *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) fue del 15.6% para el mercurio (II) y del 16.56% para el cadmio (II) en un tiempo de 7 días. Esto es producido por distintos componentes de remoción que la planta desarrolla, mecanismos tóxicos que el Jacinto de agua contiene, además emplea distintas proteínas como metalotioneínas y fitoquelatinas.

(Pozo, 2016). La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de dos plantas acuáticas la *Pistia stratiotes* (Lechuga de agua) y la *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de cadmio en aguas del río Surco. El tratamiento se realizó durante 20 días y se acondicionó una vivienda con ventilación donde se colocó los recipientes con el agua del río y a cada planta acuática se le realiza un tratamiento distinto con tres repeticiones. Los análisis que se realizaron fueron antes y después del tratamiento para ver la concentración inicial y final del cadmio. Para determinar la presencia de otros metales que no sean el cadmio se utilizó la técnica de espectrometría de emisión con plasma (ICP), para observar si hay otros metales que no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) que se requiere para poder utilizar estas aguas en riego, para ver la remoción de cadmio en los distintos tratamientos se utilizará la técnica de espectrometría de

absorción atómica (EAA). El objetivo principal de la investigación fue determinar la eficiencia de las dos plantas acuáticas para remover cadmio de las aguas que se van a tratar. Como resultados se obtuvo que la especie *Pistia stratiotes* presentó un crecimiento menor a la especie *Eichhornia crassipes*, logrando mejorar las características iniciales del agua. Al finalizar el tratamiento se llegó a la conclusión que la planta que tiene mejor eficiencia para remover cadmio en aguas residuales es la *Eichhornia Crassipes* con un 68% y le sigue la *Pistia stratiotes* con un 67%.

(Paredes, 2015) En esta investigación el autor utiliza la planta *Eichhornia crassipes* para remover concentraciones de metales pesados en este caso será el mercurio las cuales se encuentran desde 0,5 a 0,05 ppm, en medios de pH, además de una prueba control.

Para que determine la concentración del mercurio utilizó el método de ditizona, donde los análisis se realizaron en un equipo llamado espectrofotómetro UV-visible, a 520 nm de longitud de onda.

Sus resultados muestran que en promedio la planta removió un 94,68% de mercurio en un medio básico.

Además, se midieron los valores de remoción de mercurio en intervalos de tiempo, en un periodo de 11 horas, haciendo los análisis cada hora. Se pudo concluir que la planta *Eichhornia crassipes* remueve la mayor parte del mercurio en las tres primeras horas.

Se concluye que el tratamiento utilizando la planta *Eichhornia crassipes* en un humedal artificial de flujo continuo es eficiente, puesto que se logra una remoción de 99,5% de mercurio.

(Lu, Kruatrachue, Pokethitiyook and Homyok, 2004). Los *Eichhornia crassipes* que utilizaron en su investigación fueron recolectados de una zanja en el suburbio de Bangkok, Tailandia. Las plantas fueron seleccionadas todas de un solo tamaño se colocaron en tanques de cemento con agua a tratar bajo la luz solar natural durante 0 (dos horas), 4, 8 y 12 días, se tuvo un grupo control, todos los experimentos fueron realizados por triplicado. Se agregó agua diariamente para compensar la pérdida de agua a través de la transpiración, el muestreo y la evaporación de la planta. Después de cada prueba, las plantas fueron cosechadas. Se separaron en brotes y raíces, y se analizaron para determinar el crecimiento relativo y la acumulación del metal.

En el presente trabajo relacionó el crecimiento de los *Eichhornia crassipes* con la remoción de la concentración de cadmio. Se trabajó con el cálculo del factor de bioconcentración o bioacumulación (BCF's o BAF's) donde se estimó la relación entre el cadmio y zinc con las plantas y las mediciones de las concentraciones en el medio donde viven (agua).

La acumulación de Cd y Zn por Jacinto de agua en diferentes concentraciones y tiempos de exposición hubo mayor acumulación de metal en brotes y raíces para Cd control y plantas tratadas con 2 y 4 mg / L de Cd mostraron una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en la acumulación de metal. La mayor acumulación fue en el día 8, en la planta con 4 mg / L de Cd.

(Raisa et al. 2013). El presente trabajo de investigación en donde se utiliza la macrofita acuática *Eichhornia crassipes* para la eliminación de metales pesados seleccionados (Zn, Cd y Pb) en condiciones de laboratorio; También tiene como objetivo caracterizar la micro flora asociada del sistema de la rizosfera de humedales donde crecen naturalmente, además se estudiaron los contenidos de metales pesados en el agua y el jacinto acuático del sistema de humedales.

Los resultados revelaron que la concentración de metales pesados del agua en el humedal oscilaba entre 0,001 y 0,05 ppm, de 0 a 0,02 ppm y de 0 a 0,05 ppm para zinc, cadmio y plomo, respectivamente. El orden de abundancia de metales pesados en las muestras de agua es $Zn > Pb > Cd$.

Los estudios de fitorremediación revelaron que *Eichhornia crassipes* eliminó una cantidad apreciable de metales pesados seleccionados durante el periodo del experimento. El porcentaje de Pb y Cd que se eliminó del tanque de experimento durante el día 6 y 12 fue el 100%; mientras que en el Zn fue un 90%. Los resultados del presente estudio concluyeron que el *Eichhornia crassipes* es un hiper acumulador de Zn, Cd y Pb a partir de una solución acuosa.

(Garay, 2017). La presente investigación, determinó la eficiencia de dos macrófitas flotantes Lenteja de agua y Jacinto de agua, para la disminución de Boro, utilizando las aguas de la laguna “La Milagrosa” – Chilca, el tratamiento se realizó en peceras para lograr cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) específicamente para aguas superficiales destinadas a recreación.

Para el desarrollo del proyecto se construyeron tres peceras con las siguientes dimensiones: altura 19 cm, ancho 20 cm y largo 39 cm, utilizando una muestra de 30 litros obtenidos de la laguna. En una pecera se colocó 7 Jacintos de agua (M1), en la otra pecera se colocó 30

gr de lenteja de agua (M2) y en la última se colocó 3 Jacintos y 15 gr de Lenteja de agua (M3), colocando 10 litros en cada una, con una duración del muestreo de 3 semanas.

Al realizar los primeros análisis dieron como resultado la concentración de Boro (B) que fue >25 mg/L, excediendo con los Estándares de Calidad Ambiental. Al desarrollar la investigación se concluyó que el tratamiento M1 disminuyó la concentración de Boro hasta 6.88 mg/L, en el tratamiento M2 hasta 26.93.93 mg/L y en el tratamiento M3 hasta 27.41 mg/L, en un tiempo de 3 semanas con tres tomas de muestras cada 7 días.

Los resultados se trabajaron mediante el programa MINITAB para la obtención de datos estadísticos.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Metales pesados:

(Romero, 2009) Los metales pesados son elementos propios de la naturaleza de mayor peso molecular comparado con otros elementos químicos, muy difundidos y en ocasiones indispensables para el desarrollo económico, por ejemplo, tenemos el caso del plomo en la fabricación de tuberías, el cobre en las instalaciones eléctricas, el fierro en las construcciones de edificios, etc. Pero, así como son beneficiosos también son altamente contaminantes debido a los efectos en la salud y afecto en la flora y fauna de nuestro planeta. Los metales son componentes naturales que se encuentran distribuidos en las diferentes capas de la corteza terrestre. Estos forman un papel importante en lo que respecta a los organismos al ser parte fundamental de sus funciones fisiológicas y bioquímicas. Algunos metales son oligoelementos indispensables para dar mantenimiento a los sistemas bioquímicos de los seres vivos, como el manganeso, el zinc o el cobre, ya que estos son utilizados en el metabolismo de los mamíferos. Los metales pesados también actúan como potentes tóxicos, tanto para ecosistemas como para los seres humanos, ya que altera algunos procesos, ciclos, etc.

Esto dependerá siempre de vías de exposición, la dosis absorbida, y la naturaleza química del metal. La gran mayoría de metales pesados tienden a ser acumulativos y permanentes ya que no pueden ser degradados o destruidos, sino que estos van trasladándose de un medio a otro (Ferré, Schuhmacher, Llobet y Domingo, 2007).

1.3.2. Concentración de cadmio:

Menciona León y Lucero (como se citó en Coronel, 2016) El cadmio es un metal pesado que pertenece a la tabla periódica este fue descubierto en el año 1817 por parte de Friedrich Strohmeyer, y su número atómico es 48, cuando hablamos de la concentración de este metal, nos referimos a la cantidad de cadmio presente en el ambiente, ya que en altas concentraciones ocasiona graves efectos como son el desarrollo de enfermedades cancerígenas, perjudicando principalmente riñones, sistema óseo, respiratorio y cardiovascular. Los principales elementos en la vida cotidiana que contienen cadmio son las pilas, baterías, cigarrillos, etc., que al ser desechados perjudican al ambiente incrementando su concentración.

(Pérez y Azcona, 2012) El cadmio (nominado cadmia en latín y kadmeia en griego, significa “calamina”, nombre que recibía antiguamente el carbonato de zinc). Es un elemento que se encuentra en el ambiente como un compuesto, casi nunca lo encontramos como un metal puro, abunda en la naturaleza en forma de óxidos, sulfuros y carbonatos. Este metal contaminante puede adherirse al material particulado presentes en el aire y viajar grandes distancias antes de regresar a la tierra como polvo, a las lagunas o ríos como lluvia provocando contaminación de los mencionados cuerpos receptores.

1.3.3. Aguas residuales:

(Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014). Son todas las aguas que han pasado por un determinado proceso productivo u actividad, para satisfacer las necesidades humanas el cual ha originado cambios en su composición química, biológica, y física; por lo que de acuerdo a ley deben ser tratadas para posteriormente ser reusadas para el riego de áreas verdes o ser vertida a cualquier cuerpo de agua.

1.3.3.1. Clasificación de las aguas residuales

(OEFA, 2014). Nos dicen en su estudio realizado sobre fiscalización ambiental en aguas residuales y las clasifica de la siguiente manera:

- **Aguas residuales domésticas:** Estas aguas residuales derivan de los comercios y residencias, las cuales contienen restos de comida, desechos fisiológicos, detergentes, entre otros; la mayoría de veces estas aguas provienen de las actividades humanas y son vertidas de manera incorrecta.

- **Aguas residuales industriales:** Son aguas generadas por procesos productivos, incluidas las que derivan de actividades agrícolas, energéticas, mineras, agroindustriales, entre otras.
- **Aguas residuales municipales:** Son la unión de las aguas residuales que derivan de las industrias, generadas por el drenaje pluvial y de los domicilios, estas aguas deben tener un tratamiento antes de ser vertidas a los sistemas de alcantarillado.

(Espigares y Pérez, 2008). Las aguas residuales son definidas como aquel producto del uso del hombre, y que constituyen un peligro y tienen que ser dispuestas, debido a su alta carga de sustancias y microorganismos. Las aguas residuales son divididas en: aguas residuales domiciliarias, son las que producen los domicilios como orina y heces humanas, aguas producto del aseo personal, preparación de alimentos y de la limpieza de viviendas, éstas siempre contienen gran concentración de microorganismos y materia orgánica, además de sustancias químicas como detergentes, grasas, jabones y lejía.

Aguas blancas, son aquellas que preceden de los fenómenos ocurridos en la atmósfera por ejemplo la lluvia, nieve o deshielo, como también actividades públicas como el riego y limpieza de calles, parques. Aguas residuales industriales son aquellas generadas en procesos industriales estas contienen productos y subproductos de origen animal o vegetal, mineral y químico; además de ácidos, detergentes, grasas, antibióticos y aceites. Su constitución es variable, y sus concentraciones dependen de la actividad industrial que se desarrolla. Aguas residuales agrícolas son todas las aguas producidas en el sector agrícola y actividades rurales.

1.3.4. Tratamiento de aguas residuales

Es un conjunto de procesos químicos, físicos y microbiológicos, aplicados a las aguas resultado de alguna actividad humana, con el objetivo de retirar los elementos no deseados (contaminantes), llegando a un punto en que esta agua pueda ser reutilizable en el ambiente o ser vertida a un cuerpo de agua, ambas siempre y cuando cumplan con la normativa vigente. (Sin riesgo para la salud y medio ambiente) (OEFA, 2014).

1.3.5. Plantas macrófitas o acuáticas

Según Caicedo (citado en García, 2012) afirma que:

“Las plantas acuáticas requieren una gran cantidad de agua en sus raíces para poder vivir, estas crecen en medios húmedos y completamente inundados, básicamente tienen los mismos requerimientos nutricionales de las plantas terrestres.”

El diccionario de botánica y reafirmado por el doctor P. Font el define a las plantas palustres o plantas macrófitas como aquellas que viven encharcadas por periodos largos de tiempo en terrenos inundados durante toda su vida. (Flores y plantas, 2017).

1.3.5.1. Clasificación

Según su morfología y fisiología son clasificadas de diferentes formas. Entre estas la forma de su fijación en el sustrato que se dividen en:

- **Plantas macrófitas emergentes:** Estas plantas generalmente viven durante mucho tiempo con órganos reproductores aéreos, que viven en los suelos anegados de forma temporal o permanente.
- **Plantas macrófitas de hojas flotantes:** Estas son principalmente angiospermas, ya que sus órganos reproductores son flotantes o aéreos y viven sobre suelos anegados.
- **Plantas macrófitas sumergidas:** Estas plantas se encuentran en toda la zona a la cual llega la luz solar y no suelen vivir (las angiospermas vasculares) más allá de los 10 metros de profundidad aproximadamente. Sus órganos reproductores suelen ser o bien aéreos, flotantes o sumergidos. Además, existe la clasificación de plantas macrófitas flotantes libres que poseen un gran tamaño, con hojas aéreas.
(Flores y plantas, 2017).

1.3.6. Tratamiento de aguas residuales con plantas macrófitas o acuáticas.

En las últimas décadas el tratamiento de aguas residuales utilizando plantas acuáticas por intermedio de estanques ha generado gran interés, por la capacidad y potencialidad que han mostrado para la remoción de contaminantes de las mismas. Los sistemas han proporcionado un tratamiento eficaz puesto que las plantas acuáticas remueven sólidos suspendidos y material orgánico, además reducen eficientemente metales pesados, nutrientes, patógenos y sales disueltas. Una investigación en la empresa Imusa S.A. que se encuentra localizada en la ciudad de Río Negro en Colombia, en donde se vienen

operando desde el año 1988 canales donde se ha sembrado *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua), han dado como resultado que esta planta tiene una eficiencia en la remoción de metales pesados y parámetros físico-químicos del 97% (García, 2012).

El sistema de tratamiento de macrófitas acuáticas es una técnica de protección ambiental bien establecida como un procedimiento de fitorremediación para eliminar contaminantes. Algunos macrófitas de agua dulce, como *Potamogeton lucens*, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia hergozi*, *Cratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Cabomba sp.* y *Cratophyllum demersum* han sido investigadas por su potencial en la remoción de metales pesados. Sus mecanismos de eliminación de metal y color por bioadsorción pueden clasificarse como acumulación / precipitación extracelular, absorción / precipitación de la superficie celular y acumulación intracelular (Sanmuga y Senthamil, 2017).

Las macrófitas acuáticas tienen un gran potencial para acumular metales pesados dentro de sus cuerpos vegetales. El Jacinto de agua es una de las plantas más utilizadas en la construcción de humedales artificiales, debido a la tasa alta de crecimiento y gran absorción de nutrientes y contaminantes. Los metales pesados son absorbidos por las raíces de las plantas y transportados a los brotes y otros tejidos vegetales (Priya y Selvan, 2014).

En la investigación de (Martelo y Lara, 2012) nos dicen que los procesos de depuración de contaminantes con plantas acuáticas se ejecutan gracias a tres mecanismos los cuales son:

- La incorporación de nutrientes en las plantas y en su cosechado.
- Sedimentación de sólidos y filtración
- Degradación de materia orgánica a través de microorganismos los cuales están asociados con las raíces de las plantas.

1.3.7. Fitorremediación

“La fitorremediación es emplear la capacidad que tienen algunas plantas para poder absorber, metabolizar o acumular los contaminantes presentes en el aire, suelo y agua como: metales radioactivos, metales pesados, compuestos derivados del petróleo y compuestos orgánicos”.

(Delgadillo, Gonzáles, Prieto, Roberto y Acevedo, 2011).

Se define a la fitorremediación como un proceso de limpieza a base de plantas que remedian cualquier contaminante del ambiente. Se designa como una tecnología bastante simple y versátil para lograr objetivos correctivos específicos. Existen varias ventajas de este proceso, como los tecnológicamente factibles, los bajos costos operativos, la menor generación posible de lodos y el desempeño competitivo. La abundancia de especies de plantas (por ejemplo, Lechuga de agua – *Pistia sp.*, Lentejas de agua - *Lemna sp.*, jacinto de agua - *Eichhornia sp.*, y *Spirodella sp.*, Helecho pequeño de agua - *Azolla sp.*) son conocidos por eliminar metales pesados (Verma y Suthar, 2015).

1.3.7.1. Tipos de fitorremediación

Estas plantas son capaces de acumular contaminantes que se encuentran disueltos en el agua, siendo estos degradados y absorbidos (Andrade, 2015).

- **Fitoextracción:** Capacidad que poseen ciertas plantas para absorber metales pesados, contaminantes y otros en sus tallos, follaje y raíces, además también se pueden absorber elementos y contaminantes orgánicos.
- **Fitodegradación o fitotransformación:** Las plantas macrófitas almacenan, captan y degradan compuestos orgánicos para obtener subproductos que sean menos tóxicos. Esto se desarrolla gracias a reacciones enzimáticas que realizan los microorganismos y las plantas en la rizosfera, esto indica que el suelo está estrechamente agrupado con la raíz de las plantas, estos contaminantes serán transformados o degradados completamente o parcialmente.
- **Rizofiltración:** Las raíces de las plantas son usadas para concentrar y absorber metales pesados generados por efluentes líquidos que estén contaminados como las aguas residuales, además de degradar los compuestos orgánicos.
- **Fitoestimulación:** Las raíces de estas plantas estimulan al crecimiento de los microorganismos, estos tienen la capacidad de degradar contaminantes orgánicos. Estas plantas al realizar distintas actividades metabólicas y fisiológicas liberan nutrientes, oxígeno, enzimas y azúcares simples: éstos son transportados desde las partes más altas de la planta hasta las raíces. Favoreciendo el desarrollo de las comunidades microbianas, estas acciones metabólicas originan la mineralización de estos contaminantes.

- **Fitovolatilización:** Estas plantas absorben y modifican metales pesados como son: el mercurio, cadmio y otros. Estos pueden encontrarse en suelos, aguas residuales y sedimentos; siendo absorbidos, metabolizados, transportados desde la raíz hasta partes superiores y son liberados a la atmósfera a través de la transpiración en formas volátiles y menos tóxicas.
- **Fitoestabilización:** Utiliza plantas las cuales desarrollarán un sistema de raíces, por medio de un mecanismo de captación que serán capaces de reducir, metales y otros contaminantes que son muy perjudiciales para el ambiente, en las raíces se fijan fuertemente los metales delimitando la biodisponibilidad vertical y su migración a las napas freáticas (Núñez, Meas, Ortega y Olgúin, 2004).

1.3.8. *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua):

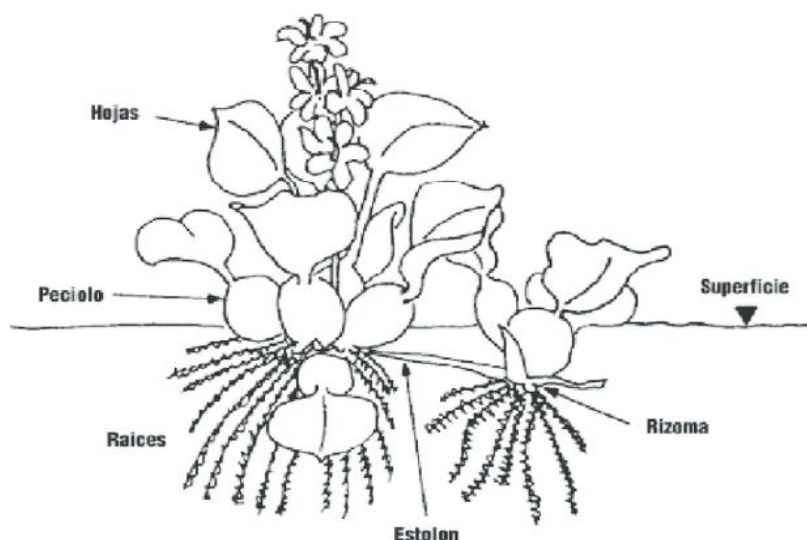
- Descripción

(Verdejo, 2006) Es llamada comúnmente Jacinto de agua, es una especie acuática cuyas raíces permanecen flotando y se desarrollan de acuerdo a las condiciones climáticas, de fácil acondicionamiento y es considerada una de las plantas invasoras a nivel mundial.

Consta de raíces, hojas de forma ovoide, numerosas flores muy hermosas de color violeta por lo que son usadas como decoración en jardines acuáticos en diversos establecimientos, está tiene alrededor de cuatro peciolos y un fruto que contiene cerca de 450 semillas.

(Celis, Junod y Sandoval, 2005) Es una macrofita netamente acuática, la encontramos flotando, además posee una raíz no muy grande. Pertenece a la familia pontederiaceae, habita en aguas dulces, en lugares tranquilos como lagunas, posas, humedales, como también en aguas con pequeños movimientos constantes como ríos, represas, quebradas, arroyos, cataratas; es conocida como la maleza acuática ya que no necesita de una vigilancia ni cuidados para su desarrollo.

Figura N° 01: Morfología de la *Eichhornia crassipes*



Fuente: Jaime Lara Borrero

Esta planta fue descubierta por el botánico Carl Friedrich Philipp Von, crece de manera rápida a temperaturas atmosféricas de 20 a 30°C, pero sobrevive a temperaturas de 10°C, esta planta está compuesta por 95 % de agua y 5% de materia seca, sus raíces pueden llegar a medir hasta 1 metro, los peciolo con los que cuenta la planta son abultados de aire los cuales contribuyen a la flotabilidad de la planta, la planta produce estolones horizontales, es de ahí de donde nacen las plantas hijas.

Esta planta se reproduce asexualmente a través de los estolones y sexualmente por semillas, las semillas pueden conservar su capacidad germinativa entre 5 y 20 años.

Es originaria de la Amazonía, pero en la actualidad la encontramos en la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales del mundo. La *Eichhornia crassipes* se encuentra entre las plantas más utilizadas para la remoción de metales pesados debido a que en sus tejidos absorbe metales como el cadmio, mercurio y arsénico. Además de remover algunos compuestos orgánicos como pesticidas, fenoles y colorantes, además disminuye los sólidos suspendidos, demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno.

- Taxonomía

La macrofita acuática *Eichhornia crassipes* se encuentra dentro de la siguiente clasificación.

Tabla N° 1: Taxonomía de la *Eichhornia crassipes*.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Commelinales
Familia	Pontederiaceae
Género	<i>Eichhornia</i>

Fuente: Elaboración propia, 2019.

- Acción fitorremediadora de la *Eichhornia crassipes*.

Menciona Jaramillo y Flores (como se citó en Paredes, 2015) que el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) es una de especie a la cual se le ha estudiado profundamente, debido a la facilidad de proliferación y de sus características depuradoras. Esta planta obtiene del agua todos sus nutrientes que requiere para su metabolismo, junto a los iones de calcio, potasio, amonio, hierro, magnesio, cloro, nitrito, carbonato y fosfato, además del fósforo y el nitrógeno, siendo estos los más importantes.

La *Eichhornia Crassipes* tiene la capacidad de retener en sus tejidos y en su sistema de raíces una gran variedad de metales (como cadmio, arsénico y mercurio, entre otros). El mecanismo de cómo esta planta actúa es gracias a la formación de complejos entre el metal pesado con los aminoácidos presentes dentro de la célula, previa absorción de estos metales a través de las raíces. “Los porcentajes máximos de remoción es de 85% hasta 95% para el cadmio, zinc, hierro, cromo y cobre”, estos porcentajes nos muestran que la *Eichhornia crassipes* es muy eficiente para remover metales pesados encontrados en aguas residuales.

Menciona Matindi (como se citó en Pivents, 2016) La fitorremediación se puede describir como el uso de plantas para erradicar contaminantes, metales pesados, etc., los cuales estén presentes en las aguas residuales, aguas subterráneas, aguas superficiales, lodos y otros, el

jacinto de agua se encuentra entre las plantas más utilizadas para la eliminación de metales pesados de diversas fuentes debido a su prolífico índice de crecimiento, así como a la alta capacidad de absorción metales pesados, contaminantes y nutrientes.

1.3.9. Parámetros físico – químicos

1.3.9.1. Parámetros químicos

Son parámetros que solo se pueden determinar mediante análisis de laboratorio, su interés abarca en lo que causa sobre los organismos acuáticos; además de las alteraciones que causan a los cuerpos de agua si no se desarrolla un adecuado tratamiento de aguas residuales (García, 2012).

- Potencial de hidrogeno pH

El potencial de hidrógeno es el valor que establece si una sustancia es base, neutra y ácida, donde se calcula los números de ion hidrógeno existentes. Una sustancia es neutra cuando el valor es 7. Los que se encuentran menores a 7 nos dice que la sustancia es ácida y los mayores a 7 señalan a la sustancia como básica. El agua residual al presentar concentraciones elevadas del ion hidrógeno dificulta los tratamientos donde se utilizan técnicas biológicas y los efluentes pueden cambiar la concentración del ion hidrógeno, además se puede presentar una modificación de las aguas naturales si estas no han sido tratadas anteriormente (Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA], 2012).

1.3.9.2. Parámetros físicos.

Son parámetros que se definen como características físicas que podemos observar en el agua, en la presente tesis se evaluaron los siguientes parámetros físicos.

- Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se mide para saber cuál es la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica; además de la temperatura de medición, la concentración, valencia y movilidad. Al realizar el análisis de conductividad nos brinda información sobre la materia orgánica que se encuentra en descomposición; además ayuda a la detención de las causas de la contaminación y poder evaluar al agua para uso agrícola (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012).

- Turbidez

La turbidez es de gran importancia en la medición de parámetros en aguas de consumo humano y residual. Es provocada por sustancias que se encuentran en suspensión entre las que podemos mencionar a los lodos, partículas de materia inorgánica y orgánica, arcilla, coloides y distintos microorganismos. La turbidez provoca la falta de inserción de la luz en las aguas naturales, modificando la fauna y flora acuática. (Londoño, Giraldo y Gutiérrez, 2010).

- Temperatura

Al medir la temperatura del agua nos da un resultado importante puesto que este procedimiento es primordial, ya que al aumentar se altera la solubilidad de las sustancias, creciendo los sólidos suspendidos y reduciendo los gases. (Jiménez y Barba, 2008).

1.4 Formulación del problema

¿Cuál de las cuatro biomazas de *Eichhornia crassipes* es más eficiente en la remoción de cadmio presente en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca?

1.5 Justificación del estudio

Es fundamental dar tratamiento a las aguas residuales antes de que estas sean depositadas a los cuerpos de agua, de esa manera apoyaremos la disminución de la contaminación de los recursos hídricos, puesto que en nuestro país más del 70% de estas aguas residuales no cuentan con un respectivo tratamiento antes de que estas sean vertidas, afectando de esta manera la flora y fauna existente en los ecosistemas y el bienestar de las personas.

Debido a la problemática que presenta el departamento de Cajamarca en cuanto a la disposición final de las aguas residuales es que nace la alternativa de este tratamiento, utilizando la biomasa *Eichhornia crassipes* llamada comúnmente como Jacinto de agua, esta planta acuática es apta para retener en sus tejidos y en las raíces gran diversidad de metales pesados como el cadmio, teniendo porcentajes de remoción de 85% hasta 95%. Consiguiendo de esta manera ser una alternativa eficiente para tratar las aguas residuales y darles una disposición ambientalmente segura.

Además, se impulsará una educación ambiental para la población cajamarquina, generando conciencia del daño que produce la contaminación por aguas servidas, además de ello se incentivará el apoyo de nuestras autoridades locales.

El presente trabajo de investigación es económicamente viable ya que el Jacinto de agua es una especie fácil de conseguir y se adapta a cualquier medio y no requiere de cuidados específicos; además por la belleza de sus hojas y flores es considerada una planta de tipo ornamental. Teniendo como finalidad mejorar la calidad del agua residual del Tragadero Yacuchingana, para así conservar los ecosistemas existentes en el departamento de Cajamarca.

1.6 Hipótesis

Una de las biomasas de *Eichhornia Crassipes* será más eficiente en la remoción de cadmio presente en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana - Cajamarca.

1.7 Objetivos

1.7.1 General:

Determinar la eficiencia de cuatro biomasas de *Eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana- Cajamarca.

1.7.2 Específicos:

- Determinar la concentración inicial de cadmio presente en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca.
- Tratar las aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca con cuatro biomasas de *Eichhornia Crassipes*.
- Evaluar periódicamente la remoción de cadmio en las aguas residuales tratadas con las cuatro biomasas de *Eichhornia crassipes*.
- Calcular los porcentajes de remoción de cadmio con cada biomasa aplicada en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca.
- Comparar cuál de las cuatro biomasas fue más eficiente en la remoción del cadmio en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

La presente tesis tuvo un diseño experimental y de tipo cuasi experimental de dos factores; porque se contó con un grupo control y varios grupos experimentales, es decir la variable independiente se manipulo intencionalmente.

El primer factor fue los cuatro tratamientos los cuales estuvieron en función a la cantidad de biomasa de *Eichhornia Crassipes*.

El segundo factor fue el tiempo, es decir los datos fueron extraídos en espacios de tiempos distintos en el que se desarrolló el experimento, se registró los aspectos y los parámetros, que fueron presenciándose en el transcurso del desarrollo basándose en la verdad de los hechos.

2.2. Variables, Operacionalización

Las variables de la presente tesis son las siguientes:

- **Variable independiente:**

V1: Biomosas de *Eichhornia Crassipes*.

- **Variable dependiente:**

V2: Concentración de Cadmio.

Tabla N° 2: Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	RANGO
VI: Biomasa de <i>Eichhornia crassipes</i>	(Verdejo, 2006) Es llamada comúnmente Jacinto de agua, es una especie acuática cuyas raíces permanecen flotando y se desarrollan de acuerdo a las condiciones climáticas, de fácil acondicionamiento y es considerada una de las plantas invasoras a nivel mundial. La <i>Eichhornia crassipes</i> funciona como bomba extractora que elimina contaminantes del agua. Tiene gran efectividad, puesto que absorbe en sus tejidos metales pesados como el cadmio, mercurio y arsénico; además parámetros físicos, químicos y biológicos.	Se elaborarán cuatro estanques de agua donde se colocará el agua residual del tragadero Yacuchingana y se aplicarán diferentes biomasas <i>Eichhornia crassipes</i> para determinar el porcentaje de cadmio removido en tres tiempos, que serán en 7, 14 y 21 días.	Tratamientos	B1: 20 plantas B2: 30 plantas B3: 40 plantas B4: 50 plantas	- 140 plantas de <i>Eichhornia crassipes</i>

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
<p>VD: Concentración de cadmio</p>	<p>(Coronel, 2016) El cadmio es un metal pesado que pertenece a la tabla periódica fue descubierto en 1817 por parte de Friedrich Strohmeyer. Cuando hablamos de la concentración de este metal, nos referimos a la cantidad de cadmio presente en el ambiente, ya que en altas concentraciones ocasiona graves efectos como son el desarrollo de enfermedades cancerígenas, respiratorias y cardiovasculares.</p>	<p>Se realizarán análisis del agua tratada con el método de metales en agua por absorción atómica, para identificar la actual concentración del cadmio en el agua, luego se realizarán los tratamientos con las biomosas en los tres espacios de tiempo para identificar la remoción del cadmio.</p>	<p>-Concentración de cadmio en el agua residual en mg Cd/L</p>

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población y Muestra

Población: La población de esta tesis fueron las aguas residuales del tragadero Yacuchingana ubicadas en las siguientes coordenadas geográficamente N: 9295916 y E: 741435, las cuales quedan en el distrito y provincia de Cutervo departamento de Cajamarca.

Muestra: Fue una porción de agua residual representativa sacada del tragadero Yacuchingana -Cajamarca, para ello primero se identificó los puntos más críticos de las cuales se obtuvieron 200 litros de agua residual.

Muestreo: No probabilística por conveniencia.

2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

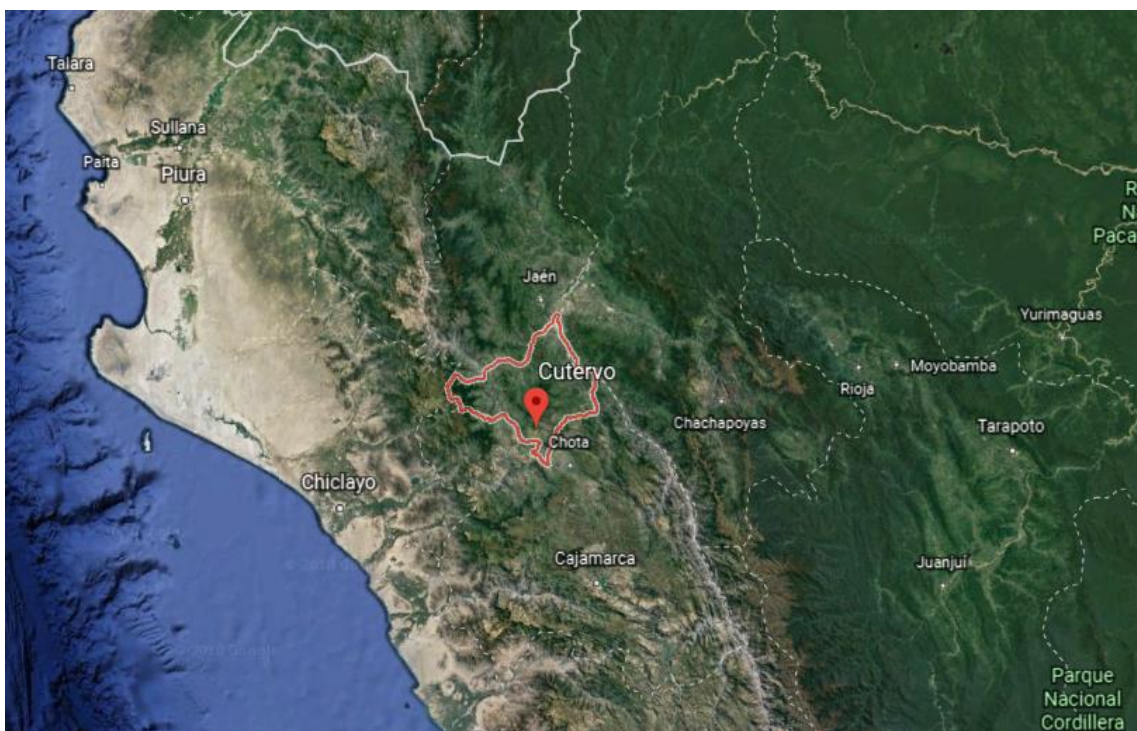
2.4.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica que se utilizó fue la recolección de datos mediante la observación minuciosa y detallada por cada procedimiento a realizar en la tesis, se contó con fichas las cuales sirvieron para la recolección de datos cuantitativos y cualitativos los cuales fueron obtenidos por las determinaciones analíticas de los laboratorios.

2.4.2. Técnica de campo (recolección de muestras)

Se identificó la ubicación del tragadero Yacuchingana- Cajamarca, se tomaron las coordenadas, y se obtuvieron los mapas geográficos, posteriormente se identificaron los puntos más críticos (mayor contaminación) del tragadero Yacuchingana, las muestras de agua fueron depositadas en galoneras y baldes estériles herméticamente cerrados para su traslado, con el fin de evitar posibles contaminaciones por agentes externos.

Figura N° 2: Mapa de ubicación de la provincia de Cutervo departamento de Cajamarca.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura N° 3: Mapa de ubicación del “Tragadero Yacuchingana”.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

2.4.2.1. Etapa preliminar

En esta etapa se realizó las siguientes actividades:

Se realizó el acondicionamiento de un lugar al aire libre dentro de una vivienda donde se desarrolló la tesis, se ha considerado este lugar por los siguientes motivos: luz, ventilación, temperatura y mayor facilidad de monitoreo.

Las plantas *Eichhornia crassipes* fueron trasplantadas del sector Flor del Sol - Cachacara - Cutervo teniendo en cuenta la misma medida y peso.

- Instalación de los estanques de agua

Esta etapa constó en la instalación de los cuatro estanques cuyo material fue de vidrio, en donde se les incorporó 50 litros de agua residual del tragadero Yacuchingana – Cajamarca a cada uno, para luego agregar las cuatro diferentes biomásas las cuales estuvieron conformadas por 20, 30, 40 y 50 plantas de *Eichhornia crassipes* respectivamente.

2.4.2.2. Primera etapa

- En esta etapa se realizó la determinación analítica de la concentración de cadmio presente en el agua residual del tragadero Yacuchingana- Cajamarca además se hicieron las mediciones del pH, turbidez, temperatura y C.E. lo que vino a ser mi grupo control.
- El agua residual fue distribuida en los cuatro estanques cada uno con un volumen de 50 litros, posteriormente se agregaron los plantones.
- Se realizó una aireación constante del agua, el seguimiento del crecimiento de las plantas, el olor del agua, entre otros, con el fin de que estas se adapten a su nuevo ambiente y evitar que estas se mueran.

2.4.2.3. Segunda etapa

Luego de que los plantones se adaptaron a su nuevo ambiente se realizaron las determinaciones analíticas, cada 7 días para poder evaluar el efecto de la cantidad de biomasa de *Eichhornia crassipes* en la remoción del cadmio en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana.

Adicional se evaluó los siguientes parámetros al igual que a mi grupo control:

*Potencial de hidrógeno (pH).

*Conductividad eléctrica (C.E).

*Turbidez.

*Temperatura.

2.4.2.4. Etapa final

En esta etapa se procesaron los datos obtenidos en las etapas anteriores, se recopiló de las fichas los aspectos importantes, que me ayudaron a obtener las conclusiones que respondieron a mis objetivos específicos.

2.4.3. Métodos de determinación analítica

2.4.3.1. Método metales en agua por absorción atómica (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)

Este método es utilizado para medir o determinar los niveles de concentración de metales pesados presentes en aguas residuales. En la presente tesis se utilizó para determinar la concentración de cadmio (Cd) en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana usando el espectrofotómetro de absorción atómica. Las muestras de agua que se analizaron fueron cuidadosamente preparadas y tratadas, se colocó ácido nítrico concentrado al 65 % con la finalidad de bajar el pH, el cual debe ser menor de 2.0 esto se realiza con el fin de eliminar las interferencias que son causadas por la materia orgánica presentes en el agua y además darle una durabilidad de hasta 30 días a la muestra.

Después tiene que introducirse la curva de calibración, también es necesario utilizar gases con el fin de hacer la combustión y generar la flama, el equipo cuenta con una hoja de trabajo en la que automáticamente al introducir la curva y al hacer las mediciones de las muestras automáticamente obtendremos la concentración del metal el cual se está midiendo.

2.4.3.2. Determinación del potencial de hidrógeno (pH)

Para la determinación de este parámetro se utilizó el método electrométrico, este es un método el cual consiste en el registro potenciométrico de actividades generadas por los iones hidrógeno y por el uso de un electrodo de referencia y de vidrio o también un electrodo combinado, además de contar con un medidor metálico de temperatura. Este método se

puede aplicar en aguas residuales, potables, industriales, superficiales, salinas y hasta en lluvias acidas.

2.4.3.3. Determinación de la conductividad eléctrica (C.E)

La conductividad eléctrica se mide para saber cuál es la capacidad que tienen las aguas para poder conducir su corriente eléctrica, esto mayormente es dado por los iones, la concentración y la medición de la temperatura. Este parámetro también se desarrolló mediante el método electrométrico, donde se utilizó un conductímetro de mesa con dos sensores y soluciones para su respectiva calibración. Este método se puede aplicar en aguas residuales, potables, industriales, superficiales, salinas y hasta en lluvias acidas.

2.4.3.4. Determinación de la temperatura (°C)

Este parámetro está establecido en los estándares de calidad ambiental para los vertimientos de aguas residuales. Además, es un criterio para tratar de salvaguardar los ecosistemas acuáticos. Se utilizó un termómetro digital con soluciones de calibración.

2.4.3.5. Determinación de la turbidez

Se utilizó el método nefelométrico este método mayormente se basa en registrar la transparencia que la agua pierde a causa de la presencia de algunas partículas en suspensión, porque entre mayor sea la intensidad de la luz dispersa más alta será la turbiedad, este método es aplicable para todo tipo de aguas.

2.4.4. Instrumentos, Materiales y Equipos De Recolección De Datos

Instrumentos de recolección de Datos

Equipos de laboratorio

- Espectrofotómetro de absorción atómica.
- Balanza electrónica
- pHmetro (BUFFER 7,4.1,10.1)

- Conductímetro de mesa
- Turbidímetro
- Termómetro digital, marca HANNA HI98194.

Materiales de campo

- Galoneras estériles.
- Baldes estériles.
- Guantes de nitrilo.
- Mascarilla
- Guardapolvo.
- Libreta de apuntes.
- Cámara fotográfica.

Materiales de laboratorio

- Pipetas de 1ml.
- Vasos de precipitación de 100 ml.
- Agua destilada.
- Guantes de nitrilo.
- Guardapolvo.
- Cofia.

2.4.5. Validez y confiabilidad del instrumento

Se llevo a cabo el método de metales en agua por absorción atómica (Cd) con el espectrofotómetro de absorción atómica para evaluar la remoción de cadmio en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca, las cuales fueron realizadas por el laboratorio de control de calidad SEDALIB S.A. por lo que los resultados fueron acreditados por el director del laboratorio. Adicional se evaluó pH, conductividad eléctrica, turbidez y temperatura, las cuales se realizaron en el laboratorio de la Universidad César Vallejo, donde los métodos, procedimientos y resultados fueron acreditados por el ingeniero encargada.

2.5. Método de análisis de datos

Para analizar los datos se utilizó el programa estadístico Excel para poder procesar la data cuantitativa, se ingresaron los datos para obtener las gráficas e interpretarlas, el presente trabajo de investigación se realizó en un periodo de 8 meses.

2.6. Aspectos éticos

Toda la información y datos fueron obtenidos producto de investigación propia tanto en bibliografía virtual y física, asesoramiento de profesionales capacitados y métodos de lectura, todos estos datos son verdaderos, estos fueron obtenidos de fuentes confiables y veraces cabe recalcar que siempre he actuado teniendo en cuenta mis principios éticos y mis valores, el cual le da un valor agregado a mi tesis.

III. RESULTADOS

3.1. Determinación analítica de la concentración inicial del cadmio, pH, C.E., turbidez y temperatura.

Tabla N° 3: Resultados de la prueba control.

PRUEBA CONTROL	RESULTADOS	UNIDAD
Concentración de cadmio	0.0392	mg Cd/L
pH	8,50	-
C.E.	3,183	mS/cm
Turbidez	200	NTU
Temperatura	23,20	°C

Fuente: Elaboración propia, 2019.

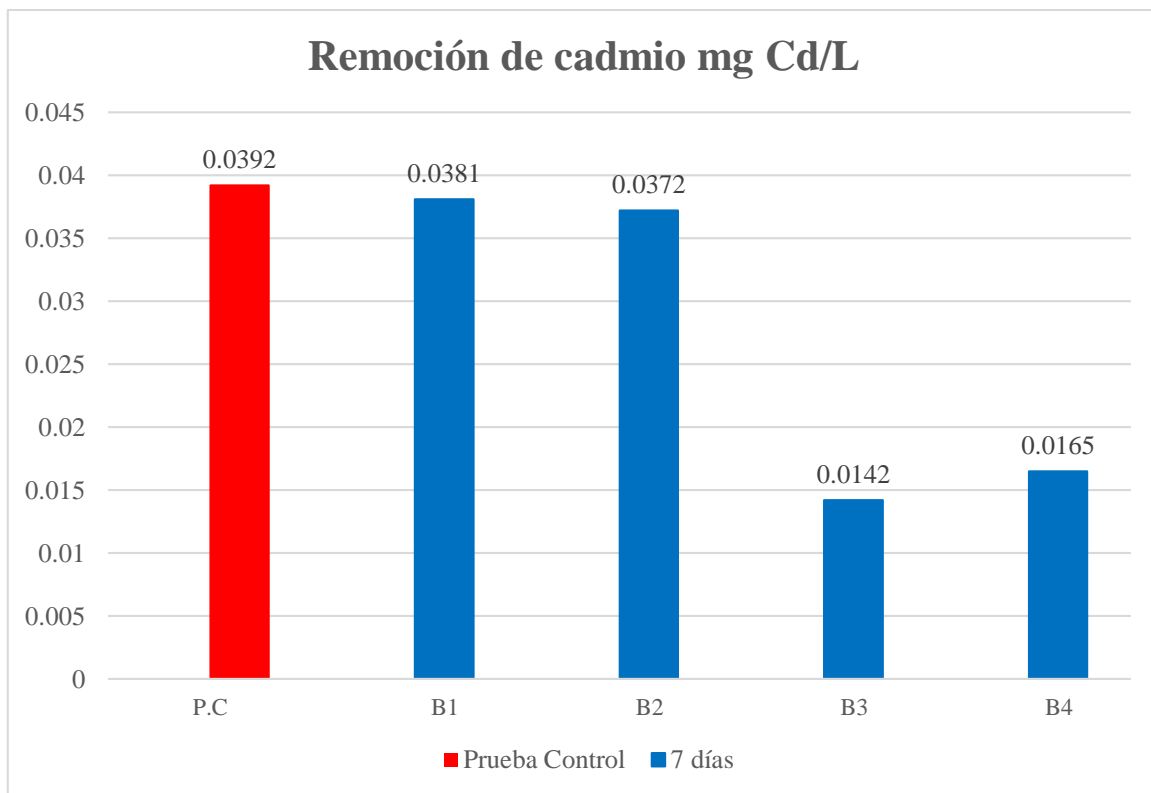
3.2. Determinaciones analíticas de la concentración de cadmio de las muestras obtenidas, después de los tratamientos con las cuatro biomásas en los tres espacios de tiempo.

Tabla N° 4: Concentración del cadmio después de aplicar las cuatro biomásas.

	20	30	40	50
TRATAMIENTO	PLANTAS	PLANTAS	PLANTAS	PLANTAS
	(B1)	(B2)	(B3)	(B4)
	Concentración de cadmio en mg Cd/L			
T1 (7 días)	0,0381	0,0372	0,0142	0,0165
T2 (14 días)	0,0044	0,0036	0,0039	0,0036
T3 (21 días)	0,0027	0,0026	0,0021	0,0034

Fuente: Elaboración propia, 2019.

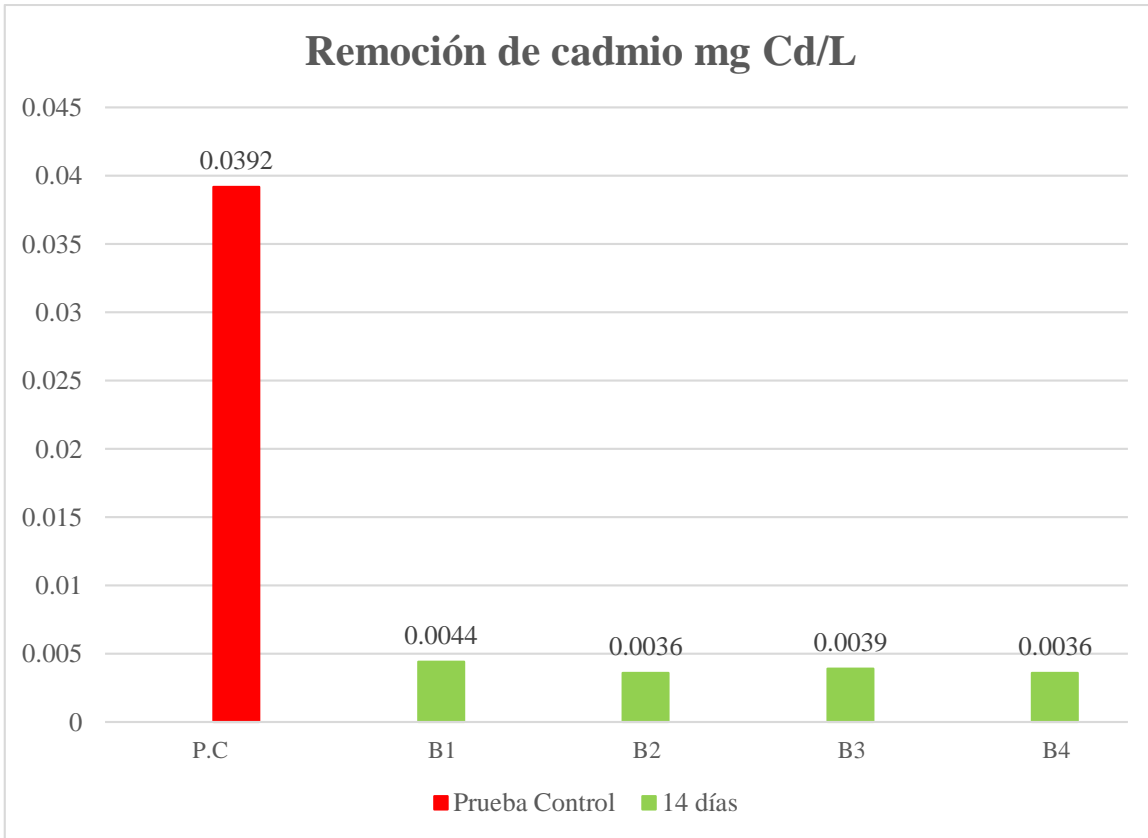
GRÁFICO N° 1: Concentración del cadmio después de aplicar las cuatro biomásas, en la primera semana.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

INTERPRETACIÓN: El gráfico N° 1 nos muestra la remoción de cadmio con las cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes* después de 7 días de iniciar el tratamiento, la concentración inicial fue de 0.0392 mg Cd/L y la mayor remoción fue con la B3 obteniendo un 0.0142 mg Cd/L.

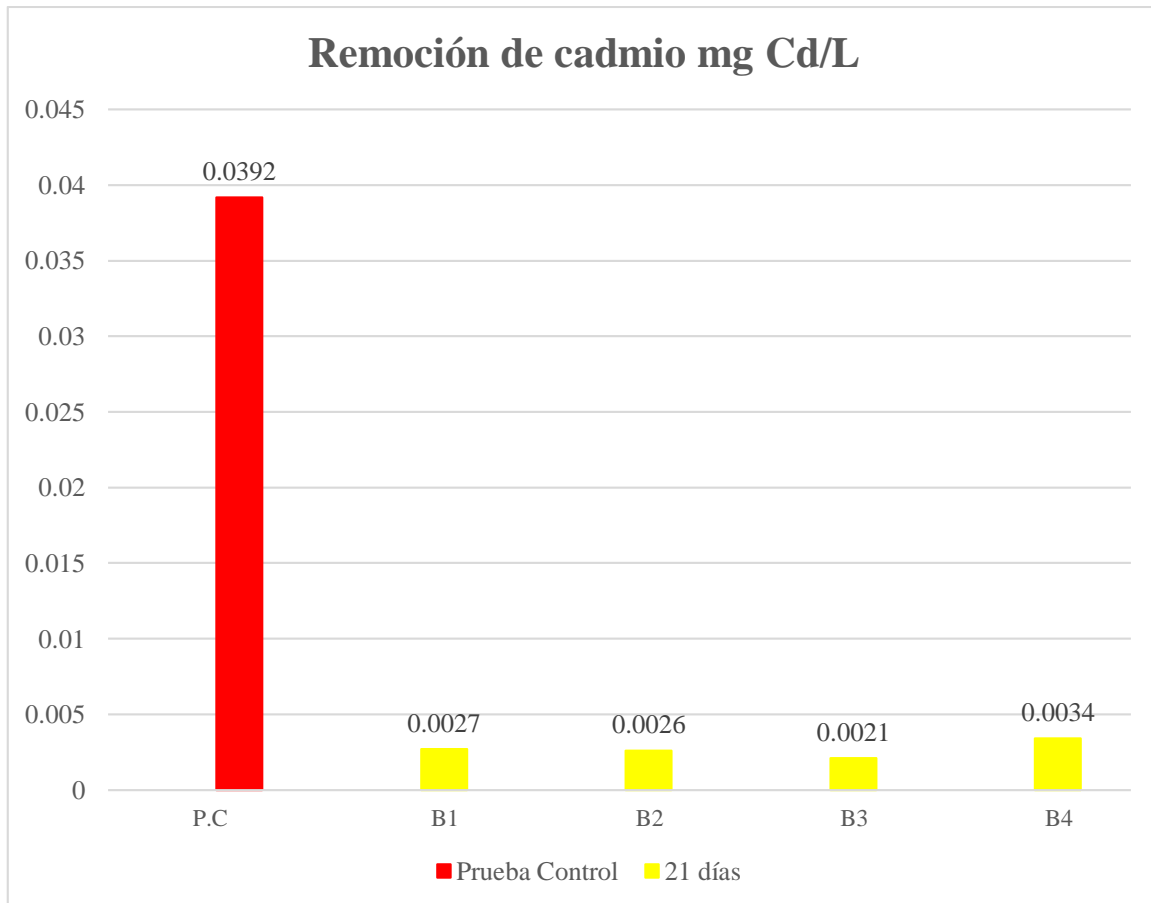
GRÁFICO N° 2: Concentración del cadmio después de aplicar las cuatro biomosas, en la segunda semana.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

INTERPRETACIÓN: El gráfico N° 2 nos muestra la remoción de cadmio con las cuatro biomosas de *Eichhornia crassipes* después de 14 días de iniciar el tratamiento, la concentración inicial fue de 0.0392 mg Cd/L y la mayor remoción fue con la B2 y B4 obteniendo un 0.0036 mg Cd/L.

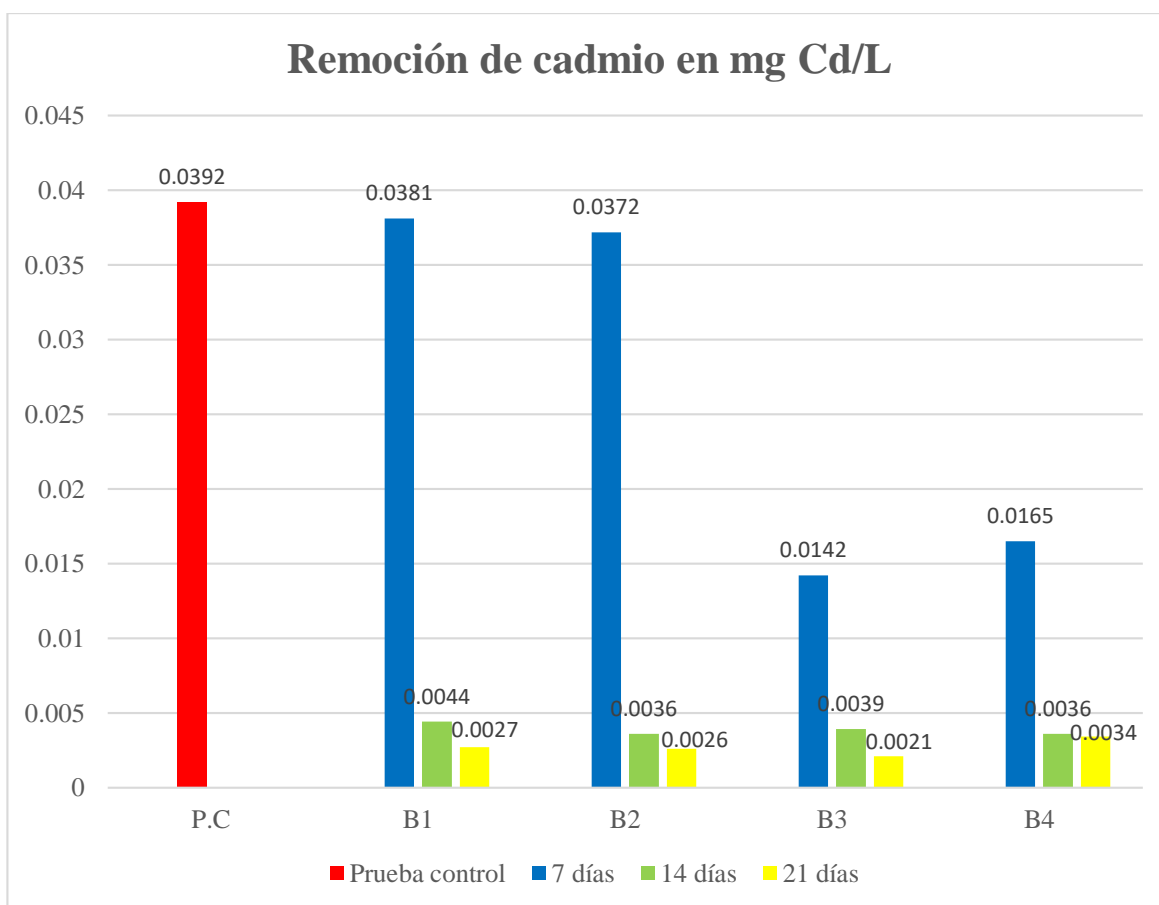
GRÁFICO N° 3: Concentración del cadmio después de aplicar las cuatro biomosas, en la tercera semana.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

INTERPRETACIÓN: El gráfico N° 3 nos muestra la remoción de cadmio con las cuatro biomosas de *Eichhornia crassipes* después de 21 días de iniciar el tratamiento, la concentración inicial fue de 0.0392 mg Cd/L y la mayor remoción fue con la B3 obteniendo un 0.0021 mg Cd/L.

GRÁFICO N° 4: Concentración del cadmio después de aplicar las cuatro biomásas, en los tres espacios de tiempo.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

INTERPRETACIÓN: El gráfico N° 4 nos muestra la remoción de cadmio con las cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes* y en los tres espacios de tiempo, la concentración inicial fue de 0.0392 mg Cd/L y la mayor remoción fue con la biomasa (B3) a los 21 días obteniendo un 0.0021 mg Cd/L.

3.3. Cálculos de remoción de cadmio de los diferentes tratamientos en los tres espacios de tiempo.

- Fórmula para calcular el % de remoción de cadmio

$$\frac{\text{Concentración inicial} - \text{Concentración final}}{\text{Concentración inicial}} \times 100$$

Tabla N° 5: % de remoción de cadmio después del tratamiento con las cuatro biomásas y en los tres espacios tiempos.

TRATAMIENTO	% de remoción de cadmio
T1 – B1	2.8 %
T1 – B2	5.10 %
T1 – B3	63.77 %
T1 – B4	57.9 %
T2 – B1	88.77%
T2 – B2	90.81 %
T2 – B3	90.05 %
T2 – B4	90.81 %
T3 – B1	93.11 %
T3 – B2	93.36 %
T3 – B3	94.64 %
T3 – B4	91.32 %

Fuente: Elaboración propia, 2019.

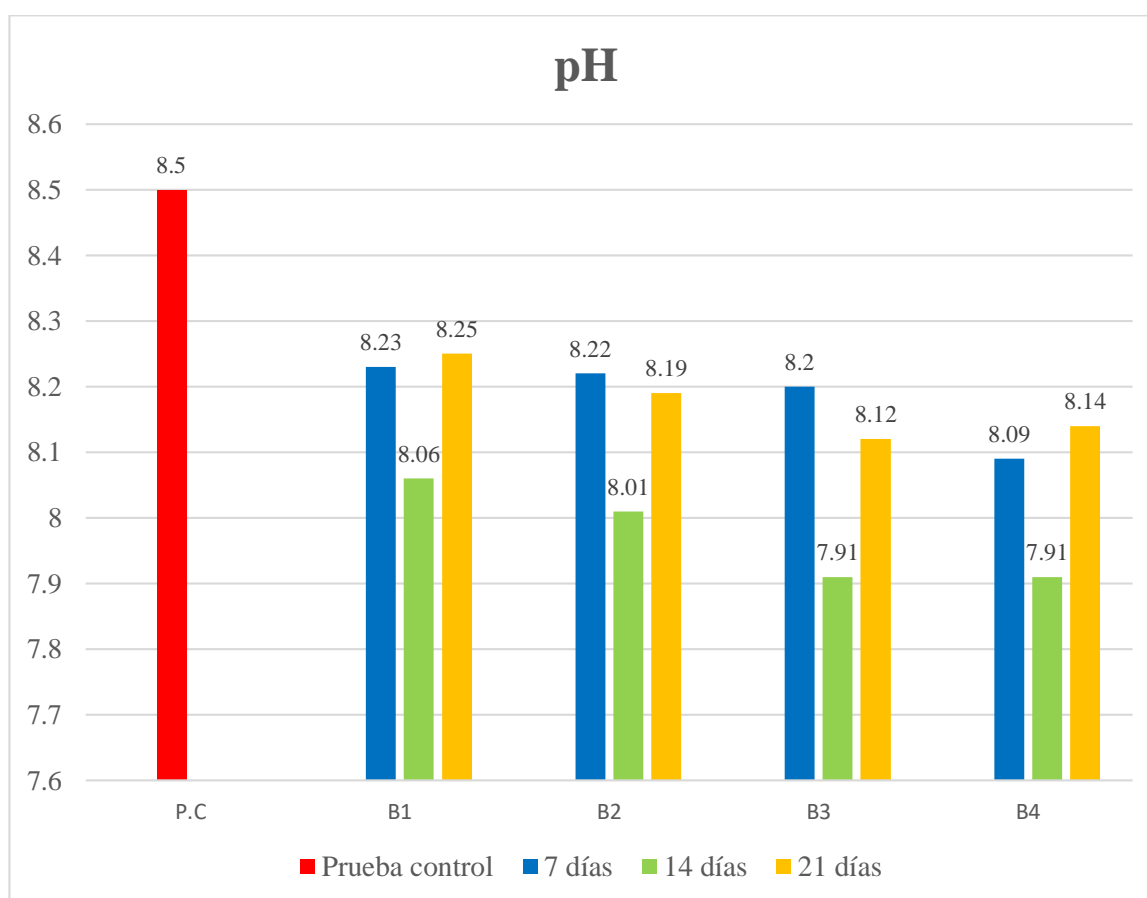
3.4. Determinación analítica de los parámetros físicos y químicos de las muestras obtenidas de los tratamientos con las cuatro biomásas en los tres espacios de tiempo.

Tabla N° 6: pH después de aplicar las cuatro biomásas.

	20	30	40	50
TRATAMIENTO	PLANTAS	PLANTAS	PLANTAS	PLANTAS
	(B1)	(B2)	(B3)	(B4)
	pH	pH	pH	pH
T1 (7 días)	8,23	8,22	8,20	8,09
T2 (14 días)	8,06	8,01	7,91	7,91
T3 (21 días)	8,25	8,19	8,12	8,14

Fuente: Elaboración propia, 2019.

GRÁFICO N° 5: pH después de aplicar las cuatro biomásas.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

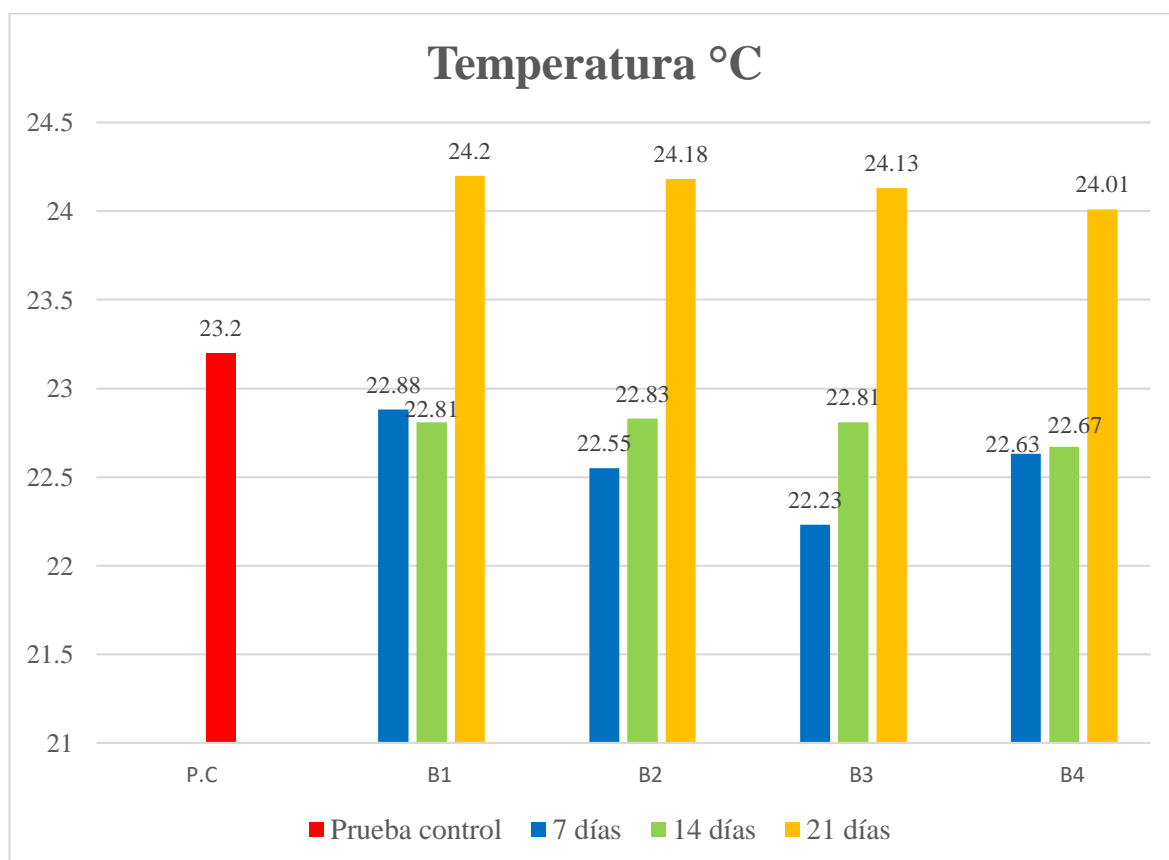
INTERPRETACIÓN: El gráfico N° 5 nos muestra los resultados del pH después de haber sido tratada con las cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes* en los tres espacios de tiempo, todos los resultados se encuentran dentro del rango establecido por los LMP, cuyos valores oscilan entre 8.25 y 7.91.

Tabla N° 7: Temperatura después de aplicar las cuatro biomásas.

	20	30	40	50
TRATAMIENTO	PLANTAS	PLANTAS	PLANTAS	PLANTAS
	(B1)	(B2)	(B3)	(B4)
	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura
	°C	°C	°C	°C
T1 (7 días)	22,88	22,55	22,23	22,63
T2 (14 días)	22,81	22,83	22,81	22,67
T3 (21 días)	24,20	24,18	24,13	24,01

Fuente: Elaboración propia, 2019.

GRÁFICO N° 6: Temperatura después de aplicar las cuatro biomásas.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

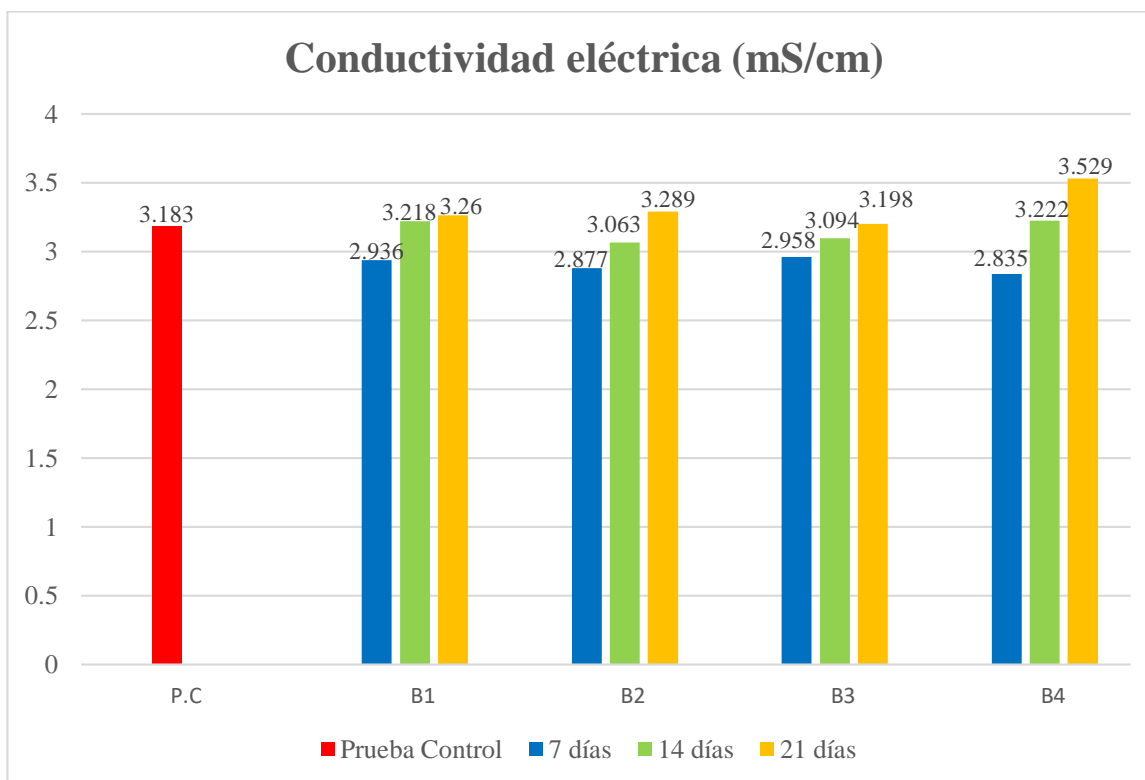
INTERPRETACIÓN: El gráfico N° 6 nos muestra los resultados de la temperatura después de haber sido tratada con las cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes* en los tres espacios de tiempo, todos los resultados se encuentran dentro del rango establecido por los LMP, siendo en la B3 y a los 7 días la temperatura más baja 22.23 °C.

Tabla N° 8: C.E. después de aplicar las cuatro biomásas.

	20	30	40	50
TRATAMIENTO	PLANTAS	PLANTAS	PLANTAS	PLANTAS
	(B1)	(B2)	(B3)	(B4)
	C.E.	C.E.	C.E.	C.E.
	(mS/cm)	(mS/cm)	(mS/cm)	(mS/cm)
T1 (7 días)	2,936	2,877	2,958	2,835
T2 (14 días)	3,218	3,063	3,094	3,222
T3 (21 días)	3,260	3,289	3,198	3, 529

Fuente: Elaboración propia, 2019.

GRÁFICO N° 7: C.E. después de aplicar las cuatro biomásas.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

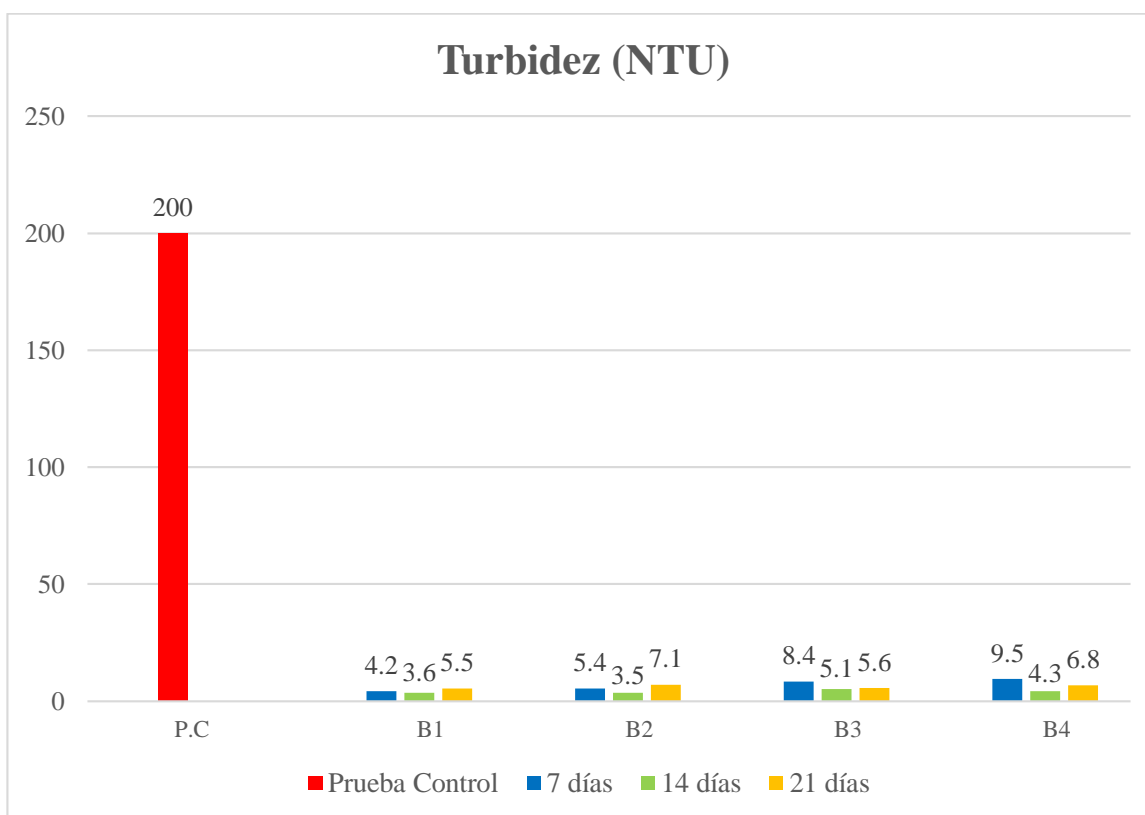
INTERPRETACIÓN: El gráfico N° 7 nos muestra los resultados de la conductividad eléctrica después de haber sido tratada con las cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes* en los tres espacios de tiempo, los resultados no tienen un cambio tan notable, siendo en la B4 y a los 7 días la C.E. más baja 2.835 mS/cm.

Tabla N° 9: Turbidez después de aplicar las cuatro biomásas.

	20	30	40	50
TRATAMIENTO	PLANTAS	PLANTAS	PLANTAS	PLANTAS
	(B1)	(B2)	(B3)	(B4)
	Turbidez	Turbidez	Turbidez	Turbidez
	(NTU)	(NTU)	(NTU)	(NTU)
T1 (7 días)	4.20	5.40	8.40	9.50
T2 (14 días)	3.60	3.50	5.10	4.30
T3 (21 días)	5.50	7.10	5.60	6.80

Fuente: Elaboración propia, 2019.

GRÁFICO N° 8: Turbidez después de aplicar las cuatro biomásas.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

INTERPRETACIÓN: El gráfico N° 8 nos muestra los resultados de la turbidez después de haber sido tratada con las cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes* en los tres espacios de tiempo, la turbidez inicial fue de 200 NTU, con todas las biomásas tuvo una disminución muy notable, sin embargo, con la que se obtuvo el mejor resultado fue con la biomasa 2 y a los 14 días que fue 3.5 NTU.

IV. DISCUSIÓN

En la presente investigación se muestra la eficiencia de las cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales en donde todas tuvieron una remoción muy notable del metal, además de disminuir y mantener en los rangos establecidos a los parámetros adicionales que se evaluaron como el pH, C.E., temperatura °C y turbidez (NTU). Los resultados fueron distintos debido a que estos fueron analizados en tres espacios de tiempo diferentes y con cuatro biomásas distintas; mediante la interpretación de las gráficas se pudo observar que la biomasa tres la cual está conformada por 40 plantas y después de 21 días de aplicar el tratamiento fue la más eficiente con un 94.64 % de remoción de cadmio, estos resultados tienen relación con los de (Pozo, 2016) en donde también utiliza la *Eichhornia crassipes* para la remoción de cadmio en aguas del río Surco, su tratamiento consistió en tratar estas aguas durante 20 días, sus análisis lo realizó mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica (EAA), en donde concluye que la eficiencia de remoción de cadmio de la planta es de 68 %.

El autor (Poma, 2014) realiza un estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio y mercurio con la especie *Eichhornia crassipes*, en donde utiliza dos tipos de nutrientes, diferentes pH y diferentes concentraciones de los metales, con el fin de determinar cuáles son los parámetros correctos para la supervivencia de la especie vegetal y para tener una mayor remoción de los metales presente en sus muestras de agua, su tratamiento tuvo un periodo de duración de 7 días, sus análisis lo realizó usando el método (APHA 3030-e) con un equipo llamado espectrometría de emisión con fuente de ionización (ICP-OES), teniendo como resultados 1 ml de dosis óptima del primer nutriente y 0.5 ml del segundo nutriente, pH óptimo 5 y concentración de cadmio 5 mg/L, con estos parámetros óptimos obtuvo un porcentaje de remoción de 16.56 %, este porcentaje de remoción tiene relación con mi trabajo de investigación debido a que yo obtuve un 2.8% de remoción con la biomasa uno, un 5.10 % de remoción con la biomasa dos, 63.77% de remoción con la biomasa tres y un 57.9 % de remoción con la biomasa cuatro, todos estos resultados los obtuve después de 7 días de aplicar el tratamiento a mis aguas, cabe recalcar que yo trabajé solo con las plantas y con los parámetros del agua sin modificar ninguno de estos.

Los autores (Raisa et al. 2013) realizaron un trabajo de investigación en donde utilizan la *Eichhornia crassipes* para la eliminación de metales pesados zinc, cadmio y

plomo en condiciones de laboratorio, ellos obtuvieron una concentración inicial de 0.02 mg Cd/L, su tratamiento tuvo una duración de 12 días, en donde sus estudios de fitorremediación revelaron que la macrofitas eliminó en un 100 % el cadmio presente en sus muestras de agua, estos resultados guardan relación con mi estudio en el cual se encontró una concentración inicial de 0.0392 mg Cd/L en las aguas, mis tratamientos tuvieron una duración de 21 días, pero la remoción del metal se midió en tres espacios de tiempo distintos en el cual el tiempo que más se asemeja a su investigación fueron los resultados de mis tratamientos después de 14 días en los que obtuve un 90.81% de remoción de cadmio en la biomasa dos y cuatro, sin embargo en donde se obtuvo mayor porcentaje de remoción fue en la biomasa 3 después de 21 días de aplicar el tratamiento a las aguas con un 94.64 % de remoción.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó analíticamente la presencia de cadmio en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana, indicando una concentración inicial de 0.0392 mg Cd/L, este dato nos permitió continuar con los tratamientos con el fin de determinar si las biomásas de *Eichhornia crassipes* son eficientes en la remoción de cadmio.
- Para tratar las aguas residuales del tragadero Yacuchingana se contó con cuatro tratamientos que estuvo conformado en cuatro biomásas de *Eichhornia crassipes*, el primer tratamiento estuvo compuesto por 20 plantas, el segundo por 30, el tercero por 40 y el cuarto con 50 plantas, los cuatro tratamientos tuvieron 50 lt de agua respectivamente, las biomásas y el agua fueron instalados en cuatro estanques de vidrio con las siguientes dimensiones: ancho 50 cm, altura 30cm y largo 70 cm.
- Al evaluar periódicamente el agua residual en tratamiento con sus respectivas biomásas de *Eicchornia crassipes*, se pudo determinar que todas las biomásas removieron la concentración de cadmio presente, sin embargo, la biomasa tres que cuenta con 40 plantas a los 21 días de aplicar el tratamiento fue la más eficiente, removiendo la concentración de cadmio de 0.0392 mg Cd/L a 0.0021 mg Cd/L.
- Después de calcular todos los porcentajes de remoción de cadmio de las cuatro biomásas y en los diferentes espacios de tiempos los cuales se encuentra en la tabla N° 5, se puede decir que la biomasa tres a los 21 días presenta la mayor remoción de cadmio con un 94.64 % seguida de la biomasa dos a los 21 días con un 93.36 % de remoción.
- Por lo tanto, después de comparar cuál de las biomásas fue más eficiente se afirma descriptivamente que la biomasa tres (40 plantas) y a los 21 días de aplicar el tratamiento es la más eficiente al tener un 94.64 % de remoción de cadmio en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades locales la construcción de pozas o lagunas de oxidación con el fin de aplicar este tratamiento a las aguas residuales, debido a que este trabajo de investigación confirma la eficiencia de la *Eichhornia crassipes* en la remoción de metales pesados, de esta manera aportaremos al cuidado de los cuerpos receptores de aguas y también a la salud de la población.
- Se recomienda realizar más análisis fisicoquímicos y de otros metales pesados como plomo, mercurio, arsénico y otros aparte del que ya se realizó en esta investigación con el fin de determinar la eficiencia y la capacidad de la macrófita acuática *Eichhornia crassipes*.
- En el tratamiento de aguas residuales con macrófitas acuáticas *Eichhornia crassipes* se recomienda tener un buen manejo de estas, realizando retiros periódicos de las plantas, ya que estas pueden sufrir saturaciones y pueden tener un tiempo límite de remoción de contaminantes presentes en las aguas, además de que esta planta también es considerada invasora y puede traer algunas desventajas si no se tiene un monitoreo continuo.
- Se recomienda secar las biomásas de *Eichhornia crassipes* después de haber removido el metal pesado de las muestras de agua es decir disminuir el volumen de ésta, para posteriormente ser dispuestos en un relleno de seguridad con la finalidad de cumplir con la normativa vigente de nuestro país
- Se recomienda realizar determinaciones analíticas de la concentración de cadmio en las diferentes partes de la planta (hojas, raíces, peciolo) con la finalidad de profundizar en la investigación.

VII. REFERENCIAS

- ANDRADE, Cristian. Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Eichhornia crassipes* Mart. (Jacinto de agua), *Pistia Stratiotes* L. (Lechuga de agua) en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis, Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Loja, 2015.
Disponible en
<http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11868/1/Kelvin%20Cristian%20Andrade%20Jim%C3%A9nez.pdf>
- CELIS, José; JUNOD, Julio y SANDOVAL, Marco. Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. Artículo, Universidad de Concepción, Facultad de medicina veterinaria, Chillán, 2005. Disponible en <http://www.ubiobio.cl/theoria/v/v14/a2.pdf>
- COMISIÓN AMBIENTAL REGIONAL DE CAJAMARCA. Agenda Ambiental Regional de Cajamarca. Cajamarca, 2015.
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/agenda_ambiental_regional_2015-2018.pdf
- CORONEL, Elver. Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas - Chachapoyas 2015. Tesis, Universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Facultad de Ingeniería Civil Ambiental, Chachapoyas, 2016. Disponible en
<http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/657/EFICIENCIA%20DEL%20JACINTO%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DELGADILLO, Angélica; GONZÁLES, César; PRIETO, Francisco; Villagómez, Roberto y ACEVEDO, Otilio. (10 de enero de 2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16. [fecha de consulta: abril de 2018]. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>
- Dirección General de Salud Ambiental. Parámetros Organolépticos. Lima [en línea], 2012, [fecha de consulta: 10 de julio de 2018]. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf

- Ecofluidos Ingenieros S.A. Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco. Fondo para el logro de los ODM, Lima [en línea]. 2012, [fecha de consulta: 21 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>
- ESPIGARES, N. Y PÉREZ, J. A. (12 de marzo de 2008). [fecha de consulta: el 13 de abril de 2018]. Disponible en http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- FERRÉ, Nuria; SCHUHMACHER, Martha; LLOBET, Juan y DOMINGO, José. Metales pesados y salud, 2007. [fecha de consulta: 12 de mayo de 2018]. Disponible en <https://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/revistaseguridad/n108-programa-hra-metales-pesados.pdf>
- FLORES Y PLANTAS. (11 de septiembre de 2017). Flores y plantas, 2017 [fecha de consulta: 15 de abril de 2018]. Disponible en <https://www.floresyplantas.net/plantas-macrofitas/>
- GARCÍA, Milagros. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental, Lima, 2012. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1292/1/garcia_tz.pdf
- GARAY, Ingrid. Eficiencia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua para disminuir la concentración del boro, en las aguas minerotermales de la "Laguna La Milagrosa" - Chilca, 2017°. Tesis pregrado, Universidad César Vallejo, Lima, 2017. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3525/Garay_AIB.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- JIMÉNEZ, Antonio y BARBA, Álvaro. Determinación de los parámetros físico - químicos. Universidad Carlos III, Madrid. Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

- LARIOS, Fernando, GONZÁLES, Carlos y MORALES, Yennifer. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Lima: Revista Facultad de Ingeniería de la USIL, 2015. Disponible en <http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revistasaber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- LONDOÑO, Adela; GIRALDO, Gloria y GUTIÉRREZ, ÁDAMO. Métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua. Universidad Nacional de Colombia. Manizales. 2010. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/49658/7/9789588280394.pdf>
- LU, Xiaomei, KRUATRACHUE, Malleia; POKETHITIYOOK, Prayad y HOMOYOK, Kunaporn. Removal of Cadmium and Zinc by Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes*. Mahidol University, Department of Biology, Bangkok, 2004
Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/019c/91ac998b730020aadee0ebdf17f81f06b99a.pdf>
- MARTELO, Jorge y LARA, Jaime. Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado de arte, 2012 Artículo, Ingeniería y Ciencia. Disponible en de <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>
- MATINDI, Christine. (2016). Analysis of heavy metal content in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) from lake victoria and assesment of its potential as a feedstock for biogas production, Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Arvind_Singh56/post/Can_anybody_suggest_a_standard_method_for_the_heavy_metal_digestion_of_plants2/attachment/59d64d9279197b80779a71d3/AS%3A488818177515522%401493554743799/download/CHRISTINE+MATINDI-+FINAL+THESIS+COPY.
- MEJÍA, Julio. El nuevo régimen de vertimiento de aguas residuales tratadas en el Perú. Justicia Viva, 2018. Disponible en <http://www.justiciaviva.org.pe/new/elnuevo-regimen-de-vertimiento-de-aguas-residuales-tratadas-en-el-peru/>
- NÚÑES, Aurelio; MEAS, Yunny; ORTEGA, Raúl y OLGUÍN, Eugenia. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones 2004. Disponible en https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf

- ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL.
Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Lima, 2014. Recuperado el 6 de Mayo de 2018. Disponible en https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- OEFA. Portal de Transferencia, 2014. Recuperado el 07 de abril de 2018, Disponible en <http://www.oefa.gob.pe/en/noticias-institucionales/el-oefa-advier-te-problemat-icaambiental-por-deficit-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales-a-nivelnacional?msg=fail&shared=email>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. UNESCO, 2017. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247552s.pdf>
- PAREDES, José. Optimización de la Fitorremediación de Mercurio en humedales de flujo continuo empleando *Eichhornia crassipes* "Jacinto de agua". Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Huánuco, Tingo María, 2015. Disponible en <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/927/T.EPG-54.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- PÉREZ, Perla y AZCONA, María. I. Los efectos del cadmio en la salud. Artículo de revisión, 2012. Disponible en <https://es.scribd.com/document/291868837/EfectosDel-Cadmio-en-La-Salud>
- PRIYA, Sanmuga y SELVAN, Senthamil. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) - An efficient and economic adsorbent for textile effluent treatment - A review. Tesis pregrado, Universidad Anna, Tamilnadu. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1878535214000562?token=E1788FBA84CDF621D84FC2C4FAD0F3E8377C6DEC358BD19E35838FE9A0D5BDCB9D59E55A07500D35D6411C532ABE64F8>
- POMA, Victor. Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (II) y mercurio (II) con la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). Tesis, Lima, 2014. Disponible en http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3800/1/poma_iv.pdf
- POZO, Diego. Eficiencia de las plantas *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* para la remoción de cadmio de las aguas del río Surco, 2016. Tesis, Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2016. Disponible en

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/4257/Pozo_YDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- QUISPE, Lizbeth; Arias, Jimena; Martinez, Cristian y CRUZ, Milda. Eficiencia de la especie macrófita *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros fisicoquímicos, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al tiempo y adopción al medio en una laguna experimental. Universidad Peruana Unión, Ingeniería y Arquitectura, Lima, 2017. Disponible en <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/650-830-1-PB.pdf>
- RAISA, KABEER; RINOY, Varghese; JAYSSORYAN, K; JOSHY, George; AMBILY y SYLAS, V. P. Removal of Zinc, Lead and Cadmium by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). Mahatma Gandhi University, Environmental Sciences, Kottayam, 2013. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/280937507_REMOVAL_OF_ZINC_LEAD_AND_CADMIUM_BY_WATER_HYACINTH
- ROMERO, Pamela. Contaminación por metales pesados. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, 2009 [fecha de consulta: 12 de mayo de 2018]. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/4260/426041218013.pdf>
- SIMON, Ernesto. Fundación para el conocimiento Madrid, 2008 [fecha de consulta : 6 de abril de 2018]. Disponible en <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/02/02/83698>
- VERDEJO. *Eichhornia Crassipes*, 2006 [fecha de consulta: 3 de mayo de 2018]. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/222545/Eichhornia_crassipes.pdf
- VERMA, Rashmi; SUTHAR, Surindra. Lead and cadmium removal from water using duckweed *Lemna gibba* L.: Impact of pH and initial metal load. Disponible en: https://ac.els-cdn.com/S1110016815001520/1-s2.0-S1110016815001520-main.pdf?_tid=7b62b0d7-a7f5-4c55-8791-76c70b14607d&acdnat=1540428333_e340812fdb499846848f3dbd8b5e62dc

VIII. ANEXOS

Anexo 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA ELABORACIÓN DE LA TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LOZADA MUÑOZ ELBER YAIR

FACULTAD/ESCUELA: INGENIERÍA /INGENIERÍA AMBIENTAL

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS
¿Cuál de las cuatro biomasas de <i>Eichhornia crassipes</i> es más eficiente en la remoción de cadmio presente en las aguas residuales del	Objetivo general: Determinar la eficiencia de cuatro biomasas de <i>Eichhornia crassipes</i> en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana-Cajamarca. Objetivos específicos	Una de las biomasas de <i>Eichhornia Crassipes</i> será más eficiente en la remoción de cadmio presente en las aguas residuales del tragadero	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasas de <i>Eichhornia crassipes</i>. • Concentración de cadmio. 	Cuasi experimental	Como población, se ha considerado a las aguas residuales del tragadero Yacuchingana ubicadas geográficamente en la provincia de Cutervo departamento de	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica de campo (recolección de muestras). • Método de metales en agua por absorción atómica. 	Para procesar datos • Microsoft Excel.

tragadero Yacuchingana - Cajamarca?	- Determinar la concentración de cadmio presente en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana - Cajamarca. - Tratar las aguas residuales del tragadero Yacuchingana - Cajamarca con cuatro biomosas de Eichhornia crassipes. - Evaluar periódicamente la remoción de cadmio en la calidad del agua residual tratada con las cuatro biomosas de Eichhornia crassipes.	Yacuchingana - Cajamarca.			Cajamarca.		
				DISEÑO	MUESTRA	INSTRUMENTOS	
			Experimental	La muestra será una porción representativa sacada del tragadero Yacuchingana - Cajamarca. Para ello primero se identificará los puntos más críticos de las cuales se obtendrá 200 litros de agua residual, el tipo de muestreo será no probabilístico por	-Espectrofotómetro de absorción atómica. -Balanza electrónica. -Conductímetro de mesa. -Turbidímetro. -Densímetro. -Termómetro, marca HANNA HI98194.		

	<p>- Calcular los porcentajes de remoción de cadmio con cada biomasa aplicada en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana - Cajamarca.</p> <p>- Comparar cuál de las cuatro biomosas fue más eficiente en la remoción del cadmio en las aguas residuales del tragadero Yacuchingana.</p>				<p>conveniencia.</p>		
--	---	--	--	--	----------------------	--	--

Anexo 3: Resultados de la prueba control y de la remoción de cadmio después de aplicar las cuatro biomásas en la primera semana, otorgados por el laboratorio de SEDALIB S.A.



INFORME DE ENSAYO
IE01018055

Identificación del Cliente			
Cliente:	YAIR LOZADA MUÑOZ	Dirección:	CONSTITUCIÓN 223 - JOSE LEONARDO ORTIZ
Ensayo solicitado por:	YAIR LOZADA MUÑOZ	email:	elber-yair@hotmail.com
Teléfonos:	991173029	Fax:	

Identificación de la Muestra	
Dirección del Punto de muestreo o procedencia:	CUTERVO/CUTERVO/CAJAMARCA
Tipo de muestra:	SIMPLE
Tipo de toma de muestra;	MANUAL
Responsable del muestreo:	YAIR LOZADA MUÑOZ (CLIENTE EXTERNO)
Condiciones de almacenamiento y transporte de la muestra: LAS MUESTRAS DEBEN SER REFRIGERADAS A UNA TEMPERATURA DE $\leq 6^{\circ}\text{C}$. PARA CADMIO DEBEN SER PRESERVADAS CON HNO_3 A $\text{pH} < 2$.	

Identificación de la Muestra por el Laboratorio			
Recepción de la muestra:	25 DE OCTUBRE 2018	Inicio de Análisis:	25 OCTUBRE 2018
Responsable de la recepción:	YESENIA CASTELLANOS GARCIA	Fin de Análisis:	31 OCTUBRE 2018
Número de Orden de Trabajo:	OTO1018052	Emisión del Informe:	31 OCTUBRE 2018
Tipo de ensayos realizados:	FISICOQUIMICOS	Condición ambiental del ensayo:	Temp. 24.4 $^{\circ}\text{C}$ Hume.rel: 51 %
Descripción del estado de la muestra a la recepción en LCC: LAS MUESTRAS LLEGARÓN EN FRASCOS DE VIDRIO DE 0.50 mL . A UNA T° DE 6°C Y PRESERVADA CON ACIDO NITRICO $\text{pH} = 1.5$.			

Objeto de petición de los ensayos	
Tipo de Ensayo	Norma de Referencia
CADMIO	SMEWW-APHA-AWWA WEF Part 3111 B, 23rd Ed. 2017 Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method



INFORME DE ENSAYO

IE01018055

RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYOS FISCOQUÍMICOS:

Código Cliente	PC	P20	P30	P40	P50		
Código Laboratorio	01018052.001	01018052.002	01018052.003	01018052.004	01018052.005		
Tipo de Matriz	Agua Residual	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso		
Descripción	Tragadero Yacuchingana	Tragadero Yacuchingana	Tragadero Yacuchingana	Tragadero Yacuchingana	Tragadero Yacuchingana		
Fecha de muestreo	11/10/2018	22/10/2018	22/10/2018	22/10/2018	22/10/2018		
Hora de muestreo	07:30	11:30	11:30	12:00	12:30		
Temperatura de muestreo (°C)	Ambiental	-	-	-	-		
	Agua	-	-	-	-		
Ensayo de Laboratorio	Unidad	LDM	Resultados				
CADMIO	mg Cd/L	0.0010	0.0392	0.0381	0.0372	0.0142	0.0165

LDM: Límite de Detección del Método

OBSERVACIONES

- * El resultado indicado en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo por el LCC – SEDALIB S.A., no deben ser utilizados como una certificación con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- * La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del LCC – SEDALIB S.A., su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- * Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas, cualquier reclamo u objeción, que deseara efectuar el solicitante, respecto al documento, se deberá ejercer en un plazo máximo de 30 días posterior a la emisión del informe.
- * La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- * El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- * Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- * Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en el LCC – SEDALIB S.A., durante el tiempo indicado de preservación del parámetro a analizar, hasta un periodo máximo de 30 días posterior a la emisión del informe de ensayo, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseará efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



Director del LCC-SEDALIB S.A.

Anexo 4: Cadena de custodia de la segundas y terceras muestras después de 14 y 21 días de iniciar el tratamiento otorgados por el laboratorio de SEDALIB S.A.

Página: 1 de 1
 Código: RG8-4.3-01
 Revisión: 00
 Fecha de Emisión: 24/08/2015

CADENA DE CUSTODIA



N° de Orden de Trabajo generado en el Laboratorio		OT 01118061		Cadena de Custodia N°		01118061	
Código Tipo Recipientes				Código Tipo Agua			
VB= Vidrio Borosilicato				AS = Agua Superficial			
VE= Vidrio Estéril (E)				ARD= Agua Residual Doméstica			
P= Plástico				ARL= Agua Residual Industrial			
VA= Vidrio Ambar				AP = Agua Potable			
Código Tipo Preservante				AT= Agua Subterránea			
1= HCl				5= Na ₂ S ₂ O ₄ +EDTA			
2= HNO ₃				6= NaOH			
3= H ₂ SO ₄				7= EDTA			
4= Na ₂ S ₂ O ₅				8= Refrigerada 6°C			
Código Tipo de Muestra				EF= Efluente			
A= Automático				ADM= Agua de Manantial			
M= Manual				BY= Blanco Viajero			
Código Tipo de Muestra				DP= Duplicado			
S= Simple				BC= Blanco de Campo			
C = Compuesta				BE= Blanco de Equipo			
I = Integrada							
Cantidad de Muestras				Ensayos			
8				Presv.			
Colectión				Ensayos Solicitados			
Fecha				2.6			
Hora				CADMO			
Código Muestra Laboratorio				Recepción de la Muestra			
Localización de la Muestra				Nombre			
05/11/18				Fecha			
12:00				Hora			
05/11/18				16/11/2018			
12:05				12:00			
05/11/18				16/11/2018			
12:10				12:00			
05/11/18				16/11/2018			
12:15				12:00			
05/11/18				16/11/2018			
12:00				12:00			
29/10/18				16/11/2018			
12:05				12:00			
29/10/18				16/11/2018			
12:10				12:00			
29/10/18				16/11/2018			
12:15				12:00			
29/10/18				16/11/2018			
12:00				12:00			
29/10/18				16/11/2018			
12:05				12:00			
29/10/18				16/11/2018			
12:10				12:00			
29/10/18				16/11/2018			
12:15				12:00			
29/10/18				16/11/2018			
Responsable del Muestreo				Condiciones de Recepción			
Nombre				Nombre			
Firma				Fecha			
Hora				Hora			
YAIR LOZADA MUÑOZ				YESENA CASTELLANOS GARCIA			
16/11/2018				16/11/2018			
12:00				12:00			
				LAS MUESTRAS LLEGARON A UNA TEMPERATURA DE 6°C Y A PH= 1.5 PRESERVADAS CON HNO ₃			

Este documento es propiedad de SEDALIB S.A., por lo cual no podrá ser reproducido, por ningún medio, o parcialmente sin autorización expresa y por escrito de la Dirección de la misma.

Anexo 5: Resultados de la segunda y tercera semana de la remoción de cadmio después de aplicar las cuatro biomosas, otorgados por el laboratorio de SEDALIB S.A.



INFORME DE ENSAYO

IE01118064

Identificación del Cliente			
Cliente:	YAIR LOZADA MUÑOZ	Dirección:	CONSTITUCIÓN 223 - JOSE LEONARDO ORTIZ
Ensayo solicitado por:	YAIR LOZADA MUÑOZ	email:	elber-yair@hotmail.com
Teléfonos:	991173029	Fax:	

Identificación de la Muestra			
Dirección del Punto de muestreo o procedencia:	CUTERVO/CUTERVO/CAJAMARCA		
Tipo de muestra:	SIMPLE	Condiciones de almacenamiento y transporte de la muestra:	
Tipo de toma de muestra:	MANUAL	LAS MUESTRAS DEBEN SER REFRIGERADAS A UNA TEMPERATURA DE $\leq 6^{\circ}\text{C}$. PARA CADMIO DEBEN SER PRESERVADAS CON HNO_3 A $\text{pH} < 2$.	
Responsable del muestreo:	YAIR LOZADA MUÑOZ (CLIENTE EXTERNO)		

Identificación de la Muestra por el Laboratorio				
Recepción de la muestra:	16 DE NOVIEMBRE 2018	Inicio de Análisis:	16	NOVIEMBRE 2018
Responsable de la recepción:	YESENIA CASTELLANOS GARCIA	Fin de Análisis:	27	NOVIEMBRE 2018
Número de Orden de Trabajo:	OT01118061	Emisión del Informe:	28	NOVIEMBRE 2018
Tipo de ensayos realizados:	FISICOQUIMICOS	Condición ambiental del ensayo:	Temp. 24.8 °C Hume.rel. 51 %	
Descripción del estado de la muestra a la recepción en LCC: LAS MUESTRAS LLEGARÓN EN CUATRO FRASCOS DE VIDRIO DE 0.50 mL Y CUATRO PLASTICOS DE 1 L. A UNA T° DE 6° C Y PRESERVADAS CON ACIDO NITRICO pH = 1.5.				

Objeto de petición de los ensayos	
Tipo de Ensayo	Norma de Referencia
CADMIO	SMEWW-APHA-AWWA WEF Part 3111 B, 23rd Ed. 2017 Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method



INFORME DE ENSAYO

IE01118064

RESULTADOS ANALÍTICOS ENSAYOS FISICOQUÍMICOS:

Código Cliente	P20	P30	P40	P50		
Código Laboratorio	01118061.001	01118061.002	01118061.003	01118061.004		
Tipo de Matriz	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso		
Descripción	Tragadero Yacuchingana	Tragadero Yacuchingana	Tragadero Yacuchingana	Tragadero Yacuchingana		
Fecha de muestreo	05/11/2018	05/11/2018	05/11/2018	05/11/2018		
Hora de muestreo	12:00	12:05	12:10	12:15		
Temperatura de muestreo (°C)	Ambiental	-	-	-		
	Agua	-	-	-		
Ensayo de Laboratorio	Unidad	LDM	Resultados			
CADMIO	mg Cd/L	0.0010	0.0027	0.0026	0.0021	0.0034

ENSAYOS FISICOQUÍMICOS:

Código Cliente	P20	P30	P40	P50		
Código Laboratorio	01118061.005	01118061.006	01118061.007	01118061.008		
Tipo de Matriz	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso		
Descripción	Tragadero Yacuchingana	Tragadero Yacuchingana	Tragadero Yacuchingana	Tragadero Yacuchingana		
Fecha de muestreo	29/10/2018	29/10/2018	29/10/2018	29/10/2018		
Hora de muestreo	12:00	12:05	12:10	12:15		
Temperatura de muestreo (°C)	Ambiental	-	-	-		
	Agua	-	-	-		
Ensayo de Laboratorio	Unidad	LDM	Resultados			
CADMIO	mg Cd/L	0.0010	0.0044	0.0036	0.0039	0.0036

LDM: Límite de Detección del Método



INFORME DE ENSAYO

IE01118064

OBSERVACIONES

- * El resultado indicado en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo por el LCC – SEDALIB S.A., no deben ser utilizados como una certificación con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- * La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del LCC – SEDALIB S.A., su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- * Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas, cualquier reclamo u objeción, que deseara efectuar el solicitante, respecto al documento, se deberá ejercer en un plazo máximo de 30 días posterior a la emisión del informe.
- * La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- * El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- * Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- * Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en el LCC – SEDALIB S.A., durante el tiempo indicado de preservación del parámetro a analizar, hasta un periodo máximo de 30 días posterior a la emisión del informe de ensayo, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseará efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



Armando Arzujo Jimenez
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Director del LCC-SEDALIB S.A.

Anexo 6: Resultados de los análisis fisicoquímicos de la prueba control y de las muestras de agua tratadas con las cuatro biomásas y en los tres espacios de tiempo, otorgados por el laboratorio de la Universidad César Vallejo.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS: Análisis fisicoquímico

USUARIO : Elber Yair Lozada Muñoz

N° DE MUESTRA : 13

TIPO DE MUESTRA: Líquido

FECHA DE EMISIÓN: 14 de Noviembre del 2018

RESULTADOS:

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	EQUIPO
PC	TEMPERATURA	23.20	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	8.50	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3.183	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA
	TURBIDEZ	200	NTU	TURBIDÍMETRO
P20 –T1	TEMPERATURA	22.88	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	8.23	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	2.936	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA
	TURBIDEZ	4.20	NTU	TURBIDÍMETRO
P20 –T2	TEMPERATURA	22.81	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	8.06	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3.218	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA
	TURBIDEZ	3.60	NTU	TURBIDÍMETRO
	TEMPERATURA	24.20	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	8.25	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



P20 –T3	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3.260	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA
	TURBIDEZ	5.50	NTU	TURBIDÍMETRO
P30 –T1	TEMPERATURA	22.55	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	8.22	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	2.877	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA
	TURBIDEZ	5.40	NTU	TURBIDÍMETRO
P30 –T2	TEMPERATURA	22.83	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	8.01	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3.063	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA
	TURBIDEZ	3.50	NTU	TURBIDÍMETRO
P30 –T3	TEMPERATURA	24.18	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	8.19	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3.289	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA
	TURBIDEZ	7.10	NTU	TURBIDÍMETRO
P40 –T1	TEMPERATURA	22.23	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	8.20	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	2.958	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA
	TURBIDEZ	8.40	NTU	TURBIDÍMETRO
P40 –T2	TEMPERATURA	22.81	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	7.91	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3.094	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA





	TURBIDEZ	5.10	NTU	TURBIDÍMETRO
P40 -T3	TEMPERATURA	24.13	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	8.12	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3.198	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA
	TURBIDEZ	5.60	NTU	TURBIDÍMETRO
P50 -T1	TEMPERATURA	22.63	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	8.09	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	2.835	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA
	TURBIDEZ	9.50	NTU	TURBIDÍMETRO
P50 -T2	TEMPERATURA	22.67	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	7.91	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3.222	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA
	TURBIDEZ	4.30	NTU	TURBIDÍMETRO
P50 -T3	TEMPERATURA	24.01	°C	TERMÓMETRO DIGITAL
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	8.14	pH	pHMETRO (BUFFER 7, 4.1, 10.1)
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	3.529	mS/cm	CONDUCTÍMETRO DE MESA
	TURBIDEZ	6.80	NTU	TURBIDÍMETRO

Nota: la muestra fue tomada por el usuario, el laboratorio no se responsabiliza.



Anexo 7: REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL DESARROLLO DE TESIS

Figura N° 04: Toma de muestras de agua del tragadero Yacuchingana – Cajamarca.



Figura N° 05: Toma de muestras de los puntos más críticos del tragadero Yacuchingana para ser tratadas con las biomásas de *Eichhornia crassipes*.



Figura N° 06: Recolección de los *Eichhornia crassipes*.



Figura N° 7: Seleccionando las *Eichhornia crassipes* con el mismo tamaño y peso.

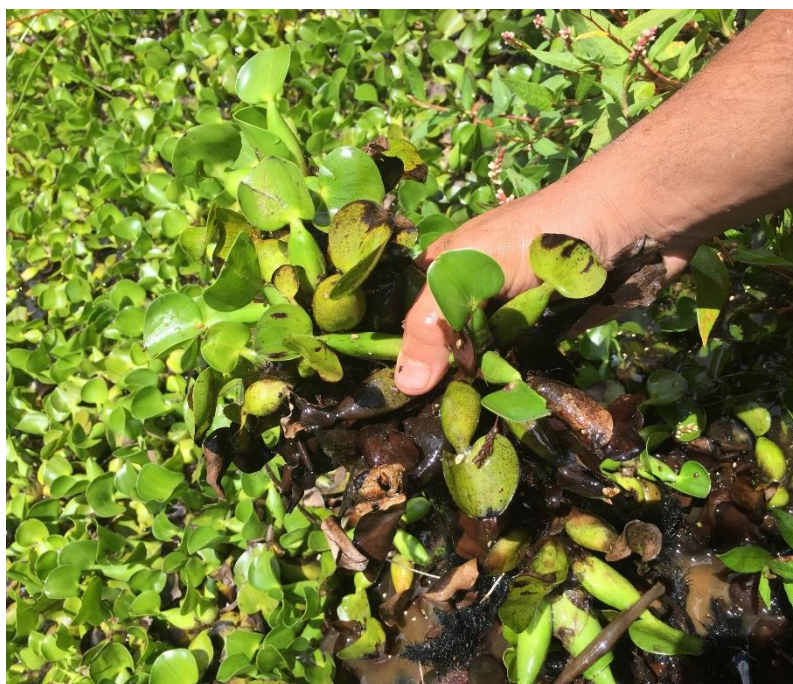


Figura N° 8: Instalación de las aguas residuales y de las plantas de *Eichhornia crassipes* en los estanques de agua.



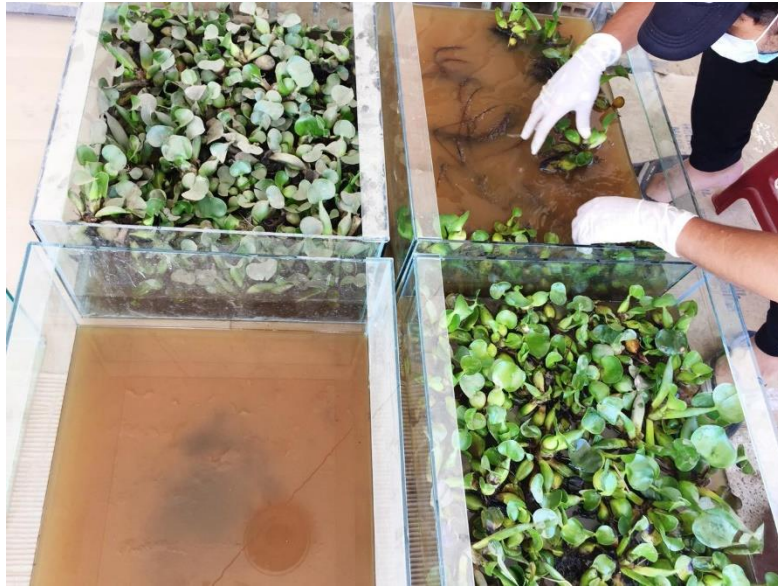


Figura N° 9: Monitoreo de aguas y de *Eichhornia crassipes* con el pasar de los días.





Figura N° 10: Análisis del pH, temperatura, turbidez y C.E. de los cuatro tratamientos después de 7 días.



Figura N° 11: Análisis del pH, temperatura, turbidez y C.E. de los cuatro tratamientos después de 14 días.




Figura N° 12: Análisis del pH, temperatura, turbidez y C.E. de los cuatro tratamientos después de 21 días.



Figura N° 13: Colocación de ácido nítrico al 65 % a todas las muestras para ser conservadas y trasladadas al laboratorio de SEDALIB.



Acta de aprobación de originalidad de tesis.

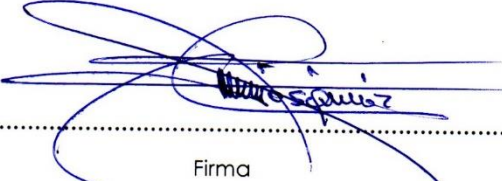
 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 20
--	--	--

Yo, JOSE MODESTO VASQUEZ VASQUEZ, docente de la Facultad de INGENIERÍA y Escuela Profesional DE INGENIERÍA AMBIENTAL la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada:

"Eficiencia de cuatro biomosas de *Eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca", del (de la) estudiante **Lozada Muñoz, Elber Yair**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **26 %** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

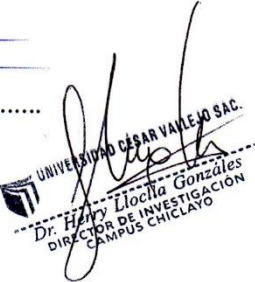
El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 20 DE AGOSTO DEL 2019


.....
Firma


JOSE MODESTO VASQUEZ VASQUEZ

DNI: 05343326


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO S.A.C.
Dr. Henry Lloclla González
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
CAMPUS CHICLAYO

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------

Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo Elber Yair Lozacl Muñoz, identificado con DNI N° 72470477,
 egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la
 Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo () la divulgación y
 comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado
 ".....Eficiencia de watro biomasas de Eichhornia crassipes en
la remoción de cadmio en aguas residuales del
trayadero Yaconchingana - Cajamarca

"; en el Repositorio
 Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el
 Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



 FIRMA

DNI: 72470477

FECHA: 28 de mayo del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	--	--------	-----------

Autorización de la versión final del trabajo de investigación.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E.P. Ingeniería Ambiental

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Lozada Muñoz Elber Yair

INFORME TÍTULADO:

Eficiencia de cuatro biomásas de *Ficohornia crassipes* en la remoción de
cadmio en aguas residuales del fragadero Yauchingana - Cajamarca.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 28 de mayo del 2019

NOTA O MENCIÓN: Aprobado por Unanimidad.



[Firma]
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN