



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* para la remoción de STD y DBO de aguas residuales comerciales, La Esperanza, 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Bernabé García, Yeslin Marely (ORCID:0000-0002-3711-4373)

Medina Cerna, Heredia (ORCID:0000-0002-9005-6264)

**ASESOR:**

Dr. Rivero Méndez, José Félix (ORCID:0000-0002-91471451)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y gestión de los recursos naturales

**Trujillo – Perú**

**2019**

## **Dedicatoria**

A Dios por darme la sabiduría y la perseverancia impartida en mí, para poder con todos los obstáculos y llegar hasta este punto de mi vida profesional.

A mi familia que es lo mejor que tengo en mi vida, a mi querida madre por su apoyo y su amor infinito y en especial a mi adorada hijita Luciana que es el amor más grande y puro que tengo.

**Bernabé García, Yeslin Marely**

A mi Dios por darme la vida, por su protección incondicional y su fortaleza que me brinda para vencer cada dificultad.

A mis padres Florencio Medina y Agueda Cerna, por darme la vida, y estar siempre conmigo brindándome su apoyo y su amor incondicional, asimismo apoyándome económicamente para culminar mi carrera profesional.

**Medina Cerna, Heredia**

## **Agradecimiento**

A Dios por darme la sabiduría y la perseverancia impartida en mí, para poder con todos los obstáculos y llegar hasta este punto de mi vida profesional.

A mi familia que es lo mejor que tengo en esta vida, y en especial a mi querida madre que siempre me hace llenar de orgullo, la amo y no habrá manera alguna de devolverlo todo lo que ha hecho por mí, sin lugar a duda ha sido gran parte gracias a ella; no sé en donde me encontraría de no ser por ella, su compañía, y su amor, le doy mis sinceras gracias a mi amada madre.

A mi hija por su afecto y cariño, son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ella, aun a su corta edad, me ha enseñado, y me sigue enseñando muchas cosas de la vida. Fuiste mi motivación más grande para concluir con éxito esta tesis. Gracias bebe.

A mi asesor Dr. Rivero Méndez, José Félix por su paciencia y apoyo constante que me brindó para poder terminar esta investigación con éxito, gracias y Dios le bendiga grandemente.

**Bernabé García, Yeslin Marely**

A mi Dios por guiarme siempre y darme sabiduría para terminar mi carrera profesional.

A mis padres que me han permitido trazar mi camino y caminar con mis propios pies. Ellos son mis pilares de la vida, no me cansare de agradecer a mi madre por su incansable ayuda en todo momento, gracias a ella he llegado a culminar un peldaño más de mi vida. Gracias mi rey Florencio Medina y mi reina Aguedal cerna.

A mi profesor Dr. Cruz Monzón, José Alfredo por su tiempo dedicado a la revisión de esta tesis.

A mi asesor Dr. Rivero Méndez, José Félix por brindarme la facilidad para la realización de los análisis fisicoquímicos, además por sus aportes y recomendaciones a fin de aclarar mejor las ideas y presentar una mejor tesis.

**Medica Cerna, Heredia**

**Página del jurado.**

**Página del jurado.**

## **Declaratoria de autenticidad**

Yo, Bernabé García Yeslin Marely, identificado con DNI N° 70748009, estudiante de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad César Vallejo sede TRUJILLO; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

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.

Trujillo, 15 de octubre del 2019



---

Bernabé García, Yeslin  
DNI: 70748009

## **Declaratoria de autenticidad**

Yo, Heredia Medina, Cerna, identificado con DNI N° 77141446, estudiante de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad César Vallejo sede TRUJILLO; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

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.

Trujillo, 15 de octubre del 2019



---

Medina Cerna, Heredia  
DNI: 77141446

## Índice

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	vi
Índice .....	viii
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras.....	x
Resumen .....	1
Abstract.....	2
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>II. MÉTODO .....</b>	<b>11</b>
2.1. Tipo y diseño de investigación. ....	11
2.2. Operacionalización de variables.....	11
2.3. Población, muestra y muestreo.....	13
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	14
2.5. Procedimiento .....	15
2.6. Método de análisis de datos. ....	18
2.7. Aspectos éticos. ....	18
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>28</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>37</b>



## Índice de tablas

Tabla N° 1: Descripción del jacinto de agua. ....	8
Tabla N° 2: Valores máximos admisibles de descargas de aguas residuales comerciales. ....	9
Tabla N° 3: Diseño de investigación.....	11
Tabla N° 4: Variables y operacionalización .....	12
Tabla N° 5: Volumen de agua diario del mes de marzo-2018.....	13
Tabla N° 6: Técnica e instrumento.....	14
Tabla N° 7: Diluciones recomendadas para los diferentes valores esperados de DBO <sub>5</sub> .....	16
Tabla N° 8: Promedio de concentraciones iniciales de las aguas residuales comerciales ...	19
Tabla N° 9: Parámetros analizados después de aplicar la Eichhornia Crassipes.....	19
Tabla N° 10: Remoción de DBO <sub>5</sub> después de aplicar la Eichhornia Crassipes .....	22
Tabla N° 11: Remoción de STD después de aplicar la Eichhornia Crassipes .....	22
Tabla N° 12: Análisis de varianza para la DBO <sub>5</sub> .....	23
Tabla N° 13: Análisis de varianza para los STD. ....	24
Tabla N° 14: DBO <sub>5</sub> de acuerdo a la Eichhornia Crassipes (X1) y tiempo (X2). ....	25
Tabla N° 16: STD de acuerdo a la Eichhornia Crassipes (X1) y tiempo (X2).....	26

## Índice de figuras

Figura N°01: Ejemplo de humedal .....	7
Figura N°02: Mapa de ubicación del lugar del estudio.....	14
Figura N°03: Diseño del humedal artificial de flujo libre o superficial .....	15
Figura N°04: Reducción del DBO <sub>5</sub> (mg/L) en las aguas residuales comerciales.....	20
Figura N°05: Reducción del STD (mg/L) en las aguas residuales comerciales.....	21

## Resumen

En el presente estudio se evaluó el efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* mediante humedales artificiales para la remoción de DBO<sub>5</sub> y sólidos totales disueltos (STD) de aguas residuales comerciales (ARC) del restaurante Kemy - La Esperanza, esta investigación es aplicada porque a las ARC se le designó un tratamiento utilizando la especie acuática *Eichhornia Crassipes*, que consistió en construir tres humedales artificiales de 64 x 44 x 24 cm y en cada uno de ellos se añadió como soporte para las plantas grava y arena luego se sembró 5, 10 y 15 *Eichhornia Crassipes* y por último se agregó un volumen de 0.030m<sup>3</sup> además se realizó un grupo control con las mismas condiciones anteriormente pero sin ninguna macrófita, ni soporte. El experimento fue a nivel de laboratorio y se evaluó a los 4 y 8 días, los datos se apuntaron en una lista de cotejo y en fichas de registro de datos, cabe resaltar que se realizó tres réplicas de los cuales se obtuvo los siguientes resultados, a los 8 días en el humedal artificial tres con 15 *Eichhornia Crassipes* se obtuvo un promedio de remoción de 55.88 % de DBO<sub>5</sub> y 70.38 % de STD, en lo cual se concluyó que a mayor tiempo y densidad poblacional de *Eichhornia Crassipes* hay una mayor remoción de parámetros físicoquímicos.

**Palabras claves:** Tiempo de retención, densidad poblacional, *Eichhornia Crassipes*, aguas residuales comerciales y remoción.

## **Abstract**

In the present study the effect of the retention time and population density of the *Eichhornia Crassipes* was evaluated by means of artificial wetlands for the removal of BOD<sub>5</sub> and dissolved total solids (TSD) of commercial wastewater (ARC) of the restaurant Kemy - La Esperanza, this research is applied because the ARC was designated a treatment using the aquatic species *Eichhornia Crassipes*, which consisted of building three artificial wetlands of 64 x 44 x 24 cm and in each of them was added as a support for the gravel and sand plants, then planted 5, 10 and 15 *Eichhornia Crassipes* and finally, a volume of 0.030m<sup>3</sup> was added; a control group was also carried out with the same conditions previously, but without any macrophyte or support. The experiment was evaluated at 4 and 8 days, the data were recorded in a checklist and data record cards, it should be noted that three replications were made, of which the following results were obtained, at 8 days in the artificial wetland three with 15 *Eichhornia Crassipes* a mean removal of 55.88% of BOD<sub>5</sub> and 70.38% of STD was obtained compared to the control group at 8 days there was a removal of 7.96% of DBO<sub>5</sub> and 25.62% of STD, in which concludes that the greater the time and population density of *Eichhornia Crassipes* there is a greater removal of physicochemical parameters.

**Keywords:** Retention time, population density, *Eichhornia Crassipes*, commercial wastewater and removal.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El agua es un recurso natural y esencial para todos los seres vivos, pero en los últimos años, las acciones humanas han iniciado a interrumpir la circularidad del agua poniendo en peligro la vida del planeta. Se manifestó que la contaminación del recurso hídrico y la limitada gestión de las aguas residuales afectan a la salud humana y al medio ambiente, este grave problema se encuentra en todas las partes del mundo, teniendo como datos que en los países desarrollados tratan el 70% de sus aguas residuales municipales e industriales a diferencia de los países con altos índices de pobreza solo el 8% de las aguas servidas tienen un procedimiento, estos valores sustentan que, en todo el planeta tierra más del 80% de los efluentes municipales y no municipales se expulsan a los espacios hidrológicos careciendo de un previo tratamiento, lo cual da como resultado un deterioro a la calidad del agua y a los ecosistemas. (WWAP, 2017, p.2).

Según el Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006-2015, revela que el 70% de todas las aguas residuales del Perú carecen de un procedimiento, por lo tanto, la Dirección General de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos, relata que los ríos de Loreto, Piura, Pasco, Arequipa, Moquegua Puno, Ucayali, Madre de Dios, se encuentran deteriorados por aguas residuales municipales sin tratamiento. (Larios, Gonzales y Morales, 2015, p 10 y 15).

En el 2012 el Perú generó un promedio de 2 217 946 m<sup>3</sup> por día de aguas municipales y no municipales descargadas a la red de alcantarillado de las entidades prestadoras de servicio de saneamiento (EPS) en lo cual tan solo el 32% recibían un proceso. La capital (Lima) genera aproximadamente la mitad del total que genera todo el país y tan solo el 20,5% de estas recibe tratamiento, se calcula que para el año 2024 Perú expulsara más del doble de aguas residuales donde se dice que si en el 2012 se generó 2 217 946 m<sup>3</sup>/día entonces para el 2024 se generará 4 842 579 m<sup>3</sup>/ día. (OEFA, 2014, p.16).

El Decano del Colegio de Ingenieros de La Libertad -2015, Marco Cabrera Huamán aseguró que el 60 % de las aguas residuales de la ciudad de Trujillo se expulsan al mar sin ningún tratamiento infectando el litoral liberteño. (RRP Noticias, 2015). Según la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), en

Trujillo metropolitano del volumen total, el 54,7% es tratado en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y el 45,3% de las aguas residuales recogidas son vertidas directamente al mar sin tratamiento. (SUNASS, 2014, p.4 y 5).

En el distrito La Esperanza se encuentra una gran cantidad de restaurantes en lo cual se observó del restaurante Kemy que sus aguas residuales comerciales no tienen un pre tratamiento para ser arrojadas al alcantarillado y sobrepasan los Valores Máximos Admisibles (VMA) de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y Solidos Totales Disueltos (STD) porque el mayor consumo de agua es en el lavado de vajillas, en seguida en el lavado de alimentos y los insumos que se utilizan con más frecuencia para realizar el lavado son detergentes, lavavajillas y lejías, el promedio de consumo de agua al día es de 123 litros.

La investigación requirió de trabajos previos relacionados con el tema de investigación.

Según la tesis de Chuquibala y Sánchez (2016), titulada “Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes del afluente doméstico mediante la aplicación de *Eichhornia Crassipes* y *Lemma Minor* en el anexo el Molino, distrito de Chachapoyas, departamento de Amazonas 2016” en la investigación determinaron el grado de eficiencia de remoción de contaminantes utilizando jacinto de agua para el tratamiento del afluente doméstico. Los resultados demostraron que el humedal con la especie jacinto de agua obtuvo una eficiencia de remoción del 77.04% de DBO.

Coronel (2016), en su tesis titulada, “Eficiencia del jacinto de agua y lenteja de agua en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM)-Chachapoyas, 2015” en su investigación determinaron la eficiencia del jacinto de agua y lenteja de agua en el tratamiento de aguas residuales de la UNTRM , y los resultados demostraron que a los 10 días la mayor remoción de DBO<sub>5</sub> fue con la macrófita *Eichharnia crassipes* que logró una disminución del 95,55% y *Lemna minar* disminuyó un 85,53% de DBO<sub>5</sub>.

Según Díaz y Valdivia (2018), en su tesis titulada, “Efecto del tiempo de retención y variación de especies de plantas ornamentales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales domésticas – Cajamarca, 2018” en su estudio se determinó la eficiencia de la macrófitas acuáticas en humedales artificiales para mejorar la calidad del agua residual doméstica. Los resultados demostraron que el porcentaje de remoción de STD, fue de un 85% y un 93% de la DBO<sub>5</sub>.

Gavilanes (2015), en su artículo titulado, “Influencia de *Eichhornia Crassipes* y microorganismos eficientes sobre contaminantes químicos y orgánicos de las aguas residuales de Naranjito, Ecuador” en su publicación se determinó los efectos depuradores de *E. Crassipes* y de microorganismos eficientes, en las aguas urbanas del Cantón Naranjito y los resultados demostraron que los promedios estadísticos de remoción fueron de 94.8% de la DBO<sub>5</sub>. Concluyendo que *E. Crassipes* fue la alternativa que relativamente presentó la mayor remoción especialmente con un tiempo de retención hidráulica de 14 días.

Narváez y Sánchez (2018), en su tesis titulada “Evaluación de los valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el rubro pollería en la ciudad de Cajamarca” en su investigación se evaluó los valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el rubro pollería en la ciudad de Cajamarca, obteniendo como resultados que en Pollos a la Brasa Menú Express presentan un valor de 3430 mg/L de DBO<sub>5</sub>, mientras que en la Pollería Medileny presenta un valor promedio de 3598 mg/L de DBO<sub>5</sub>.

La investigación requirió algunos conceptos teóricos esenciales como:

**Fitorremediación:** La fitorremediación es una tecnología sustentable que se basa en el uso de plantas para reducir *in situ* la concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelo, agua y aire haciendo uso de diferentes variedades de plantas y microorganismos que conducen a la reducción de los diversos tipos de contaminantes (Núñez López, Roberto [et al.]. 2004, p.69).

**Tiempo de retención:** Se refiere al tiempo que permanece una unidad de fluido en un proceso de tratamiento. (Ramos, 2014, p.38). En la investigación que se lleva a cabo se refiere al tiempo que se tarda el agua en los humedales artificiales.

**Densidad poblacional:** Se define al número de individuos de una población existente en un área determinada, en la cual permite comparar diferentes poblaciones en cuanto al espacio que ocupan en un ecosistema (Almeida, 2018,p.1).

**Aguas residuales:** Son aquellas cuyas características iniciales han sido variadas debido a las diferentes actividades humanas, en lo cual necesitan un previo tratamiento, antes de ser reutilizadas o vertidas en cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado. (OEFA, 2014, p.3).

**Aguas residuales industriales:** Son aquellas aguas residuales que provienen del desarrollo de un procesamiento productivo, incluyendo a las actividades mineras, agrícolas, energéticas, agroindustrial, entre otras, ya que pueden variar, dependiendo a la fuente específica. (OEFA, 2014, p.3).

**Aguas residuales municipales:** Son aquellas aguas domesticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (OEFA, 2014, p.3).

**Aguas residuales domesticas:** son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente. (OEFA, 2014, p.3).

**Aguas residuales comerciales:** Provenientes de los centros comerciales; restaurantes, cafeterías, lavanderías, hoteles, centros turísticos, supermercados, mercados, hospitales, cines, teatros, bares, lava autos, y otros (Chinchilla, 2015, p.3).

**Sólidos totales disueltos:** Se define como todo residuo que queda después de filtrar en membranas de 1.2  $\mu\text{m}$  de poro y evaporar el agua a 103°C. Contiene compuestos muy variados por lo que se dice que es una prueba global. Los sólidos incluyen tanto las sales inorgánicas (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos de sodio, potasio, calcio, manganeso y hierro) como materia orgánica. (Rivero, 2015, p.110).



**Demanda bioquímica de oxígeno:** Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar residuos orgánicos de modo aerobio, por lo tanto, se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua, como resultado de la acción de oxidación aerobia. (Raffo y Ruiz, 2014, p.76).

**Humedales artificiales:** Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre, y funcionan como sistemas de tratamiento biológico para la depuración de las aguas residuales, utilizando plantas macrófitas acuáticas, que pueden ser emergentes, flotantes, o sumergidas que tiene la capacidad de formar películas bacterianas, que facilita la filtración y la remoción de los constituyentes del agua residual. (Remtavares,2013).

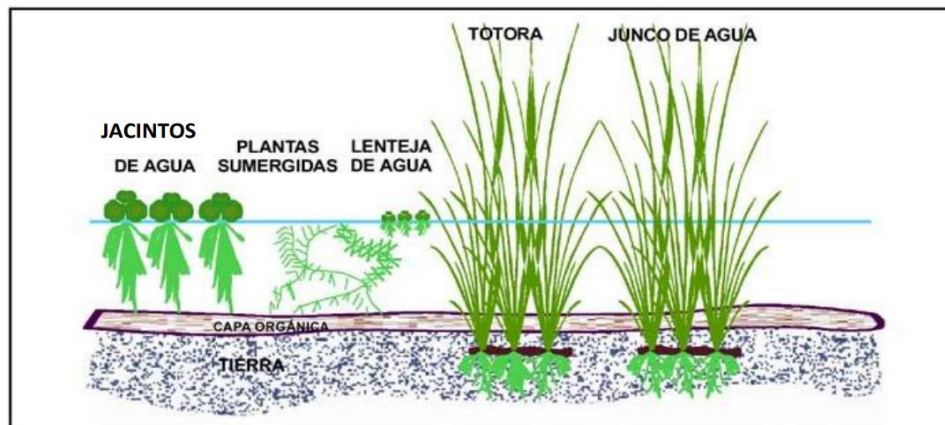


Figura N°01: Ejemplo de humedal

Fuente: (Montiel, 2014, p.10).

**Humedales artificiales de flujo libre o superficial (HAFLS):** Este tipo de sistemas están diseñados para que el agua esté expuesta a la atmósfera y a la luz solar directa, ya que consta de una capa de agua no muy profunda, de este modo ayudara a que los procesos anaeróbicos se puedan realizar con más facilidad, y que la remoción de los contaminantes presentes en el agua sean más eficientes (Soler et al, 2018, p.70).

**Componentes de los humedales artificiales de flujo libre o superficial (HAFLS):** Los HAFLS están conformados por tres componentes fundamentales; agua, sustrato y planta acuáticas. El agua es el factor de diseño más importante en un humedal artificial porque reúne todas las funciones del humedal y es a menudo el factor primario en el éxito o fracaso del humedal, en cuanto al sustrato que incluyen suelo,

arena sirve como soporte para las plantas que son fundamentales para la transferencia de oxígeno de la atmósfera a la zona de la raíz, su presencia física en el humedal (los tallos, raíces, rizomas) permite la penetración a la tierra o medio de apoyo que transporta el oxígeno de manera más profunda, de lo que llegaría naturalmente a través de la sola difusión.

(Soler et al, 2018, p.70).

**Vegetación flotante:** Son plantas que se caracterizan debido a que su cuerpo vegetativo se encuentra flotando general o parcialmente en el agua, entre alguna de ellas tenemos el jacinto de agua (Delgadillo, Camacho y Pérez, 2010, p. 13).

**Macrófitas:** Toda especie que crece dentro de los humedales artificiales son denominadas macrófitas, debido a que la presencia de estas mismas, generan un aspecto importante en la depuración de las aguas residuales en los humedales artificiales (García, 2012, p. 10).

Tabla N° 1: Descripción del jacinto de agua.

Taxonomía científica	Características morfológicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reino: Plantae</li> <li>● Clase: Liliopsida</li> <li>● Familia: Pontederiaceae</li> <li>● Género: Eichhornia</li> <li>● Especie: E. crassipes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Flotan sostenidas por esponjosos rizomas, con las raíces cortas flotando libremente.</li> <li>● Son macrófitas flotantes, que alcanzan hasta un metro de altura, aunque normalmente no superan los 50 cm.</li> <li>● Pecíolos cortos, hinchados (bulbosos)</li> <li>● Flores azules a celestes, y una mancha amarilla en el lóbulo superior del perianto.</li> </ul>

Fuente: Martelo y Borreto.

**Funciones generales de los humedales artificiales:** las funciones principales son 3; fijar concretamente los contaminantes en la superficie del sustrato; utilizar y transformar elementos mediante los microorganismos y por último su función es logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento. (Gómez, 2017, p.14).

**Ventajas de los humedales artificiales:** Son totalmente eficientes en cuanto a la remoción de contaminantes, inclusive metales pesados, son económicamente más efectivos que los demás tratamientos, ya que no se utiliza productos químicos en lo absoluto, no requiere de energía no renovable y se lleva a cabo el reciclaje y la reutilización del agua. (Gómez, 2017, p.14).

Tabla N° 2: Valores máximos admisibles de descargas de aguas residuales comerciales.

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA para descargas
			al sistema de alcantarillado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	DBO <sub>5</sub>	500

Fuente: Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA

De acuerdo a la problemática mencionada anteriormente se formula la siguiente pregunta ¿Cuál es el efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* mediante humedales artificiales para la remoción de DBO<sub>5</sub> y STD de aguas residuales comerciales del restaurante Kemy La Esperanza, 2019?

La investigación realizada se justifica porque brindo una propuesta eficaz para dar solución a un grave problema que viene ocasionado severos impactos negativos en la calidad del agua, deterioro y extinción del ecosistema, sumando a ello también ocasiona un peligro para la salud humana, debido a que las aguas residuales comerciales son vertidas a los cuerpos de agua sin ningún tratamiento previo, mediante los humedales artificiales usando plantas acuáticas tienen la capacidad de la depuración de dichas aguas. La investigación se presentó porque existe una gran necesidad de disminuir los altos índices de contaminación en los cuerpos de agua que cada día que pasa las aguas residuales comerciales carecen de un tratamiento adecuado, esto ocurre mayormente en todo el sector comercial (restaurantes) y se puede evidenciar que mediante los humedales artificiales con *Eichhornia Crassipes* se pudo disminuir las altas concentraciones sin ninguna dificultad y así solucionar un problema severo, esta tesis puede ser utilizada en otros trabajos de investigación y

en otras instituciones que tienen aspiraciones de investigar y mejorar y/o superar cada investigación.

En la tesis se planteó como objetivo general, evaluar el efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* mediante humedales artificiales para la remoción de DBO<sub>5</sub> y STD de aguas residuales comerciales del restaurante Kemy- La Esperanza,2019 y como objetivos específicos fue realizar los análisis fisicoquímicos de DBO<sub>5</sub> y STD de las aguas residuales comerciales antes y después del tratamiento asimismo del grupo control, además determinar el mayor porcentaje de remoción de STD y DBO<sub>5</sub>, igualmente determinar la mejor relación del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* (jacinto de agua) para la remoción de DBO<sub>5</sub> y STD en el tratamiento de las aguas residuales comerciales y por ultimo comparar los valores de DBO<sub>5</sub> con los Valores Máximos Admisibles estipulados en el Decreto Supremo N° 021 – 2009 – VIVIENDA.

De acuerdo a las investigaciones anteriores que está asignado en los antecedentes, se supone que el efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* mediante humedales artificiales, es positivo, para la remoción de DBO<sub>5</sub> y STD de aguas residuales comerciales del restaurante Kemy- La Esperanza,2019 y la hipótesis nula se consideró que efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* mediante humedales artificiales, no es positivo, para la remoción de DBO<sub>5</sub> y STD de aguas residuales comerciales del restaurante Kemy- La Esperanza,2019.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación.

La presente investigación es de tipo aplicativo, porque la ejecución es desarrollada en campo donde se emplea tratamientos fitorremediadores a las aguas residuales comerciales, luego de obtener los datos se realiza en gabinete el procedimiento de los resultados, la investigación tiene como fin dar solución al grave problema de contaminación de las aguas residuales comerciales, utilizando la macrófita *Eichhornia Crassipes*. Las investigaciones mencionadas en los antecedentes también son de tipo aplicativos y miden diferentes parámetros fisicoquímicos de las diferentes aguas residuales. Una investigación experimental se refiere al manejo intencional de una o más variables independientes para alcanzar los resultados en las variables dependientes. Por lo tanto, esta investigación es de diseño cuasi experimental debido que pertenece al experimental y sigue la misma lógica donde se realiza la comparación del grupo control (G.C) con el grupo de estudio y así analizar cuál ha sido el progreso, de las variables dependientes, cabe mencionar que en esta investigación se va evaluar dos variables independientes y dos variables dependientes.

Tabla N° 3: Diseño de investigación

	Densidad poblacional – plantas	Días (tiempo de análisis)		Parámetros a analizar
G.C	0	4	8	DBO <sub>5</sub> y STD
H1	5	4	8	
H2	10	4	8	
H3	15	4	8	

Fuente: Elaboración propia

Se presenta un diseño factorial de 3 x 2, multiplicados por el número de repeticiones que serán 3, multiplicando por el número de variables dependientes que serán 2 dando un total de 36 análisis, sumando 12 análisis del grupo control más 6 análisis iniciales en las tres repeticiones, haciendo un total de 54 análisis. El volumen, temperatura y PH serán parámetros constantes.

## 2.2. Operacionalización de variables.

Tabla N° 4: Variables y operacionalización

Variables		Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Escala de medición
Variable independiente	Densidad poblacional del jacinto de agua.	La densidad poblacional se refiere al número de unidades de una población presentes en un determinado espacio, (Almeida, 2018)	La densidad poblacional se refiere a la cantidad de número del jacinto de agua	Número de jacinto de agua.	Nominal
	Tiempo de retención	Tiempo de retención se refiere al tiempo que un volumen de agua permanece en un recipiente, es decir, el tiempo que demora en salir el líquido de un recipiente. (Ramos, 2014, p.38).	Tiempo de retención es los días que va tardar el tratamiento de las aguas residuales comerciales.	Tiempo de duración (días)	Nominal
Variable dependiente	DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> : se refiere a una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en el agua municipal, industrial y en general residual. (Rivero-2018, p.146).	$DBO_5, \text{ mg/L} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) * f}{P}$	DBO <sub>5</sub>	Razón
	STD	STD: Es todo residuo que queda después de filtrar en membranas de 1.2 μm de poro y evaporar el agua a 103°C. (Rivero, 2015, P.110).	STD es un parámetro que mide los residuos que quedan en el agua residual después del filtrado.	STD	Razón

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** Se tuvo en cuenta a la cantidad de las aguas residuales comerciales del restaurante Kemy del distrito La Esperanza por mes que es un total de 3.750 m<sup>3</sup>.

Tabla N° 5: Volumen de agua diario del mes de marzo-2018.

Marzo					
Días	volumen (litros)	Días	volumen (litros)	Días	volumen (litros)
01/03/2019	120	11/03/2019	124	21/03/2019	115
02/03/2019	119	12/03/2019	115	22/03/2019	125
03/03/2019	125	13/03/2019	120	23/03/2019	125
04/03/2019	125	14/03/2019	119	24/03/2019	125
05/03/2019	115	15/03/2019	120	25/03/2019	130
06/03/2019	119	16/03/2019	125	26/03/2019	122
07/03/2019	120	17/03/2019	124	27/03/2019	115
08/03/2019	115	18/03/2019	120	28/03/2019	120
09/03/2019	120	19/03/2019	126	29/03/2019	120
10/03/2019	125	20/03/2019	120	30/03/2019	115
				31/03/2019	122
Promedio					123
Total					3750

Fuente: Elaboración propia.

**Muestra.** La muestra es de un total de 0.120 m<sup>3</sup> de aguas residuales comerciales, cada humedal artificial contiene 0.030 m<sup>3</sup>, cabe resaltar que la muestra se eligió al azar de un día, para realizar los análisis de los parámetros fisicoquímicos se considera un muestreo de 1 litro de aguas residual comercial y se conservó a una temperatura de 4°C según el protocolo de monitoreo D.S. 003 – 2010 Ministerio de Vivienda, cabe resaltar que se realizó 3 réplicas la primera fue recogida el día lunes la segunda fue el miércoles y la tercera y última replica fue el día domingo, el horario de recojo fueron de 7:00 am a 5:00 pm

## Área de estudio

El restaurante Kemy se encuentra ubicado en la Mz A11 Lote 24, Av. José Gabriel Condorcanqui, distrito La Esperanza, provincia Trujillo, departamento La libertad, de dicho restaurante se obtuvo las aguas residuales comerciales para la investigación que se realizó.



Figura N°02: Mapa de ubicación del lugar del estudio

Fuente: AutoCAD- Municipalidad distrital de Trujillo.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Tabla N° 6: Técnica e instrumento.

Técnica	Instrumento
Observación	Lista de cotejo
Análisis documental	Ficha de registro de datos

Fuente: Elaboración propia.

### Validez y confiabilidad.

Después de aplicar los instrumentos de lista de cotejo y ficha de registro de datos, se hizo uso del soporte estadístico SPSS versión 22 (ANOVA) sumando a ello se hizo uso de diversas técnicas que facilitan la estadística descriptiva, que corresponde, al procedimiento de diferentes porcentajes de la variable dependiente entre otras organizaciones de tablas para proporcionar la obtención de los resultados.



## 2.5. Procedimiento

- **Recolección de la macrófita flotante *Eichhornia Crassipes*.**

Las especies *Eichhornia Crassipes* fueron recolectadas en un acuífero ubicado en la ciudad de Trujillo (La Bocana – Panamericana Norte), a una temperatura promedio anual de 19°C. Para luego ser adaptadas por 5 días e iniciar con el procedimiento correspondiente.

- **Diseño del humedal artificial de flujo libre o superficial – HAFLS**

Para elaborar el diseño de los humedales artificiales se tuvo en cuenta las estrategias que usaron los autores mencionados en los antecedentes, para realizar el experimento se usó 4 recipientes que cada uno de ellos tiene una dimensión de largo 64 cm, ancho 44 cm y altura 24 cm, tres de ellos son de color azul y están designados para los humedales artificiales y uno de color rojo que fue elegido para el grupo control, donde se coloca únicamente las agua residuales comerciales, cada recipiente tiene en la parte inferior un caño que sirve para la salida del agua en los diferentes tiempos, para completar la elaboración de los humedales artificiales se colocó a cada recipiente piedra a 5.5 cm de espesor, arena fina 8 kilos luego se sembró el *Eichhornia Crassipes* (jacinto de agua) en el humedal artificial uno (H1) se sembró 5 plantas, en el humedal artificial dos (H2) se sembró 10 plantas, en el humedal artificial tres (H3) se sembró 15 plantas y por último se agregó 30 litros de aguas residuales comerciales a cada humedal artificial.

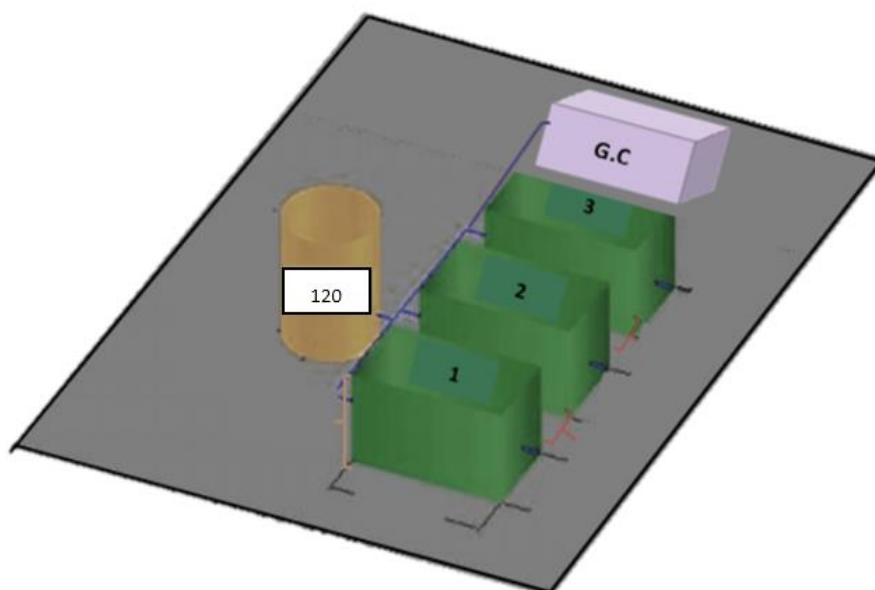


Figura N°03: Diseño del humedal artificial de flujo libre o superficial

Fuente: Elaboración propia.

- **Toma de muestra**

La toma de muestra consistió en extraer 1 litro, tanto de las aguas residuales comerciales y de los humedales artificiales ya tratados, cabe resaltar que antes de la toma de muestra de las aguas residuales comerciales fueron homogenizadas, y en cuanto a los humedales artificiales fueron tomados abriendo la llave de agua que contaba cada humedal artificial, posteriormente se trasladó al laboratorio de química de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) a una temperatura de 4°C, para analizar los parámetros de DBO<sub>5</sub> y STD.

- **Análisis de las muestras en el laboratorio: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).**

Los análisis se llevaron a cabo en la Universidad Nacional de Trujillo cuyo método utilizado para determinar la DBO<sub>5</sub> fue el método de winkler volumétrico, mediante el siguiente procedimiento. Primero se preparó el agua de dilución; para lo cual se usó los siguientes nutrientes; tampón de fosfato, (MgSO<sub>4</sub>), (CaCl<sub>2</sub>), (FeCl<sub>3</sub>), (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), (NH<sub>4</sub>Cl) y Solución de glucosa, para la preparación es 1 ml de nutrientes por 1 litro de agua destilada, una vez que se mezcla los nutrientes más el agua destilada se coloca el aireador a un tiempo no menor de 30 minutos, con la intención de que el agua este saturado de oxígeno.

Tabla N° 7: Diluciones recomendadas para los diferentes valores esperados de DBO<sub>5</sub>.

Volumen muestra (mL)	Rango de DBO
0.02	30 000 - 105 00
0.05	12 000- 42 000
0.10	6 000 – 21 000
0.20	3 000 - 10 500
0.50	1 200 - 4 200
1.0	600 - 2 100
2.0	300- 1050
5.0	120 - 420
10.0	60 – 210

Fuente: Oliva, p.6.

- **Método analítico**

Consiste en filtrar la muestra y agregar 0.5 ml en los frascos de DBO de un volumen de 300 ml y luego se lo afora con agua diluida, los frascos que se evaluaron el quinto día se llevan a incubar y los que se analizaron ese mismo momento se siguieron los siguientes pasos:

- a) Destapar cuidadosamente el frasco de DBO y adicionar 1 ml de solución A (sulfato de manganeso) y 1ml de solución B (yoduro- alcalina- azida) tapar el frasco verificando que no se forme burbujas de aire. Dejar en reposo 10 segundos.
- b) Mezclar el contenido hasta que el precipitado se dispersa y dejar en reposo 10 minutos.
- c) Destapar el frasco y adicionar 1 ml de ácido sulfúrico. Tapar cuidadosamente y agitarla enérgicamente hasta que todo el precipitado se disuelva. El agua toma un color ámbar y dejar reposar 30 minutos.
- d) Colocar todos los 300 ml en un matraz y titular con la solución de tiosulfato de sodio hasta que parezca un color amarillo pálido.
- e) Cuando el color ámbar se convirtió en amarillo pálido adicionar 3 ml de solución de almidón inmediatamente aparece una coloración azul, seguir titulando hasta que se vuelva incoloro y anotar el gasto para luego determinar mediante una formula el oxígeno disuelto.

Estos mismos pasos se realizó para los frascos que se evaluaron el quinto día, y posterior a ello se calcula la DBO<sub>5</sub> con la siguiente formula.

$$\text{DBO}_5, \text{ mg/L} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) * f}{P}$$

Dónde:

D<sub>1</sub> = OD de la muestra diluida inmediatamente después de la preparación, mg/L.

D<sub>2</sub> = OD de la muestra diluida después de 5 de incubación a 20°C, mg/L.

P = Fracción volumétrica decimal de la muestra empleada.

B<sub>1</sub> = OD de la muestra inmediatamente después de la preparación.

B<sub>2</sub> = OD del control de semilla después de 5 de la incubación, mg/L.

f= Factor de dilución.

- **Análisis de sólidos totales disueltos (STD).**
  - a) Filtrar una cantidad aproximada de 150 mililitros.
  - b) Tomar 100 mililitros del filtrado y pasarlo al vaso previamente pesado ( $W_1$ ).
  - c) Colocar el vaso en la estufa a 105 °C dejar hasta sequedad.
  - d) Enfriar en el desecador y pesar en balanza analítica ( $W_2$ ).
  - e) Calcular los sólidos totales disueltos utilizando la siguiente formula.

$$\text{STD (mg/L)} = \frac{(W_2 - W_1) * 1000}{\text{Volumen de muestra en litros}}$$

Donde:

$W_1$  = Peso del vaso vacío.

$W_2$  = peso del vaso vacío + residuo.

## 2.6. Método de análisis de datos.

El método que se emplea es deductivo porque va de lo general a lo particular y también se emplea el método de análisis porque se enfoca de lo compuesto a lo simple. Y se hizo uso del ANOVA.

## 2.7. Aspectos éticos.

La investigación es original, además toda la información es veraz, damos fe que dicha investigación tiene los valores éticos que se rigen en el código ético de la Universidad Cesar Vallejo, por lo tanto, se garantiza que es el 100% una investigación original, veraz y apta para ser aprovechada por la sociedad y verse beneficiado el medio ambiente, cabe mencionar que en dicho experimento contempla el respeto a la biodiversidad y a la protección del medio ambiente mencionado en el artículo 13 del documento del código ético de la UCV.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Análisis antes del tratamiento

Resultados de las aguas residuales comerciales del restaurante Kemy, La Esperanza, Trujillo, antes de aplicar las macrófitas flotantes *Eichhornia Crassipes*.

Tabla N° 8: Promedio de concentraciones iniciales de las aguas residuales comerciales

Parámetro	Unidad	Concentración inicial
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2859
STD	mg/L	4087

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N° 08 se observa el estado como se encontró las aguas residuales comerciales del restaurante Kemy, La Esperanza, asumiendo que el DBO<sub>5</sub> sobrepasa los valores máximos admisibles (VMA).

#### 3.2. Análisis después del tratamiento

A continuación, se detalla el promedio de las tres réplicas que se analizó a los 4 y 8 días que se aplicó la *Eichhornia Crassipes* mediante humedales artificiales a las aguas residuales comerciales del restaurante Kemy, La Esperanza, Trujillo.

Tabla N° 9: Parámetros analizados después de aplicar la *Eichhornia Crassipes*.

Días	Número de plantas (unidad)				Parámetro
	0	5	10	15	
	G.C	H1	H2	H3	
4	Concentraciones (promedio), mg/L				STD
	3856	3579	2819	2010	DBO <sub>5</sub>
8	2777	2577	2373	2053	DBO <sub>5</sub>
	2632	2496	2054	1262	STD
	3040	2748	2310	1211	

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Tabla N° 9 la mayor remoción de DBO<sub>5</sub> y STD en las aguas residuales comerciales del restaurante Kemy se obtuvo a los 8 días en el humedal tres (H3) con 15 *Eichhornia Crassipes* alcanzando como resultado de 2859 a 1262 mg/L de DBO<sub>5</sub> y de 4087 a 1211 mg/L de Solidos Totales Disueltos (STD).

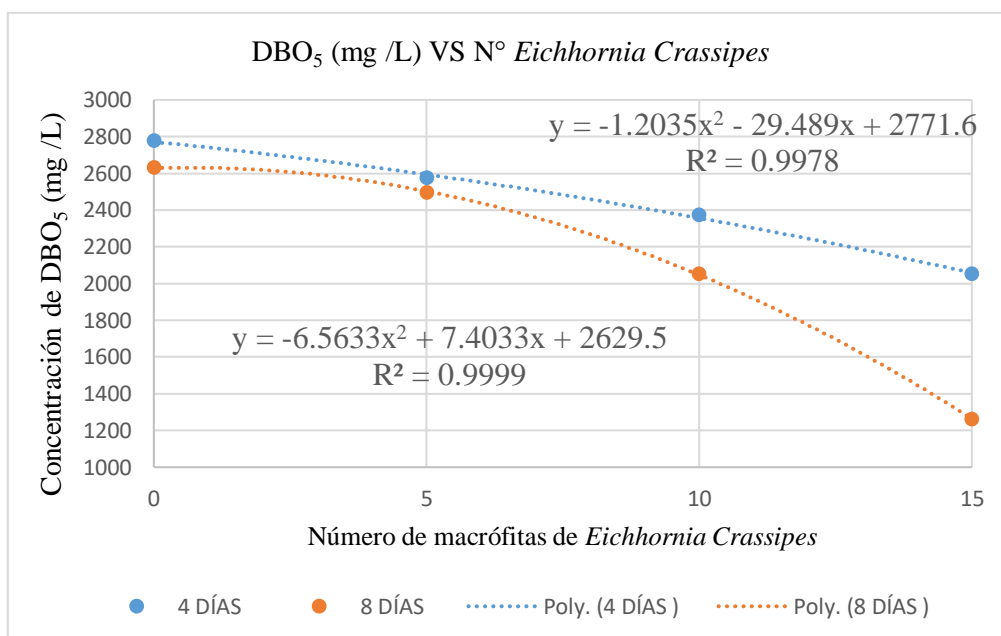


Figura N°04: Reducción del DBO<sub>5</sub> (mg/L) en las aguas residuales comerciales  
Fuente: Elaboración propia

En la figura N°04, se observa la curva de los 4 y 8 días, que va decreciendo la concentración de DBO<sub>5</sub> desde el grupo control (G.C) que tuvo 0 *Eichhornia Crassipes* hasta el humedal tres (H.3) que tuvo 15 *Eichhornia Crassipes*, a continuación, se precisa los resultados del parámetro de DBO<sub>5</sub>.

En los muestreos realizados a los 4 días en el G.C con 0 *Eichhornia Crassipes*, en el humedal uno (H1) con 5 *Eichhornia Crassipes*, el humedal dos (H2) con 10 *Eichhornia* y en el humedal tres (H3) con 15 *Eichhornia Crassipes* se obtuvo una DBO<sub>5</sub> de 2777, 2577, 2373 y 2053 mg/L, respectivamente.

En los muestreos realizados a los 8 días en el G.C con 0 *Eichhornia Crassipes*, en el H1 con 5 *Eichhornia Crassipes*, en el H2 con 10 *Eichhornia Crassipes* y en el H3 con 15 *Eichhornia Crassipes* se obtuvo una DBO<sub>5</sub> de 2632, 2496, 2054 y 1262 mg/L respectivamente, asumiendo que a mayor densidad poblacional de *Eichhornia Crassipes* mayor es la remoción de DBO<sub>5</sub>.

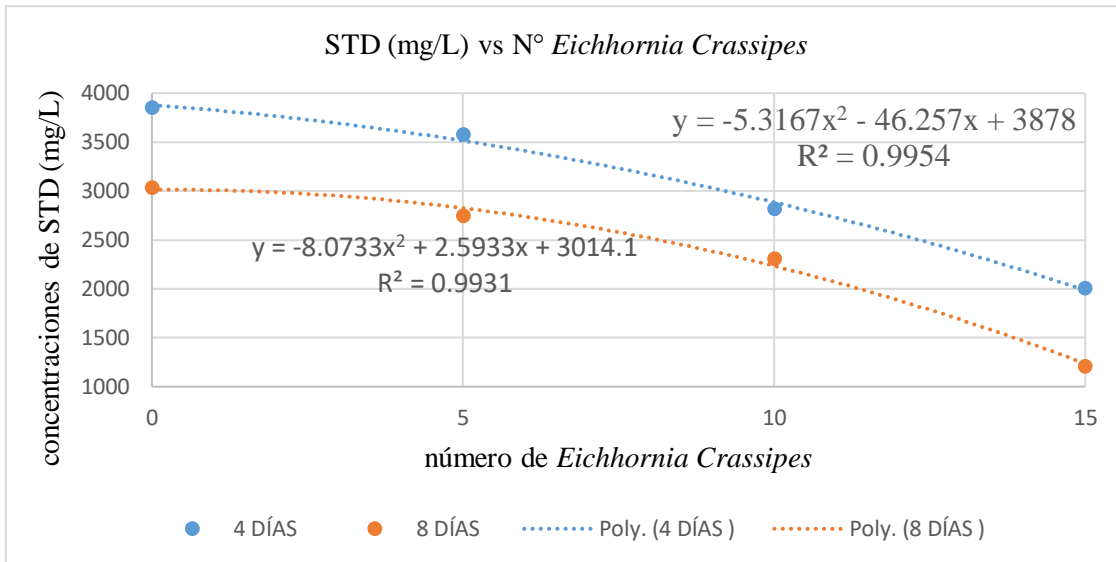


Figura N°05: Reducción del STD (mg/L) en las aguas residuales comerciales

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°05, se observa la curva de los 4 y 8 días, que va decreciendo la concentración de STD desde el grupo control (G.C) que tuvo 0 *Eichhornia Crassipes* hasta el humedal tres (H.3) que tuvo 15 *Eichhornia Crassipes*, a continuación, se precisa los resultados del parámetro de Sólidos Totales Disueltos (STD).

En los muestreos realizados a los 4 días en el G.C con 0 *Eichhornia Crassipes*, en el humedal uno (H1) con 5 *Eichhornia Crassipes*, el humedal dos (H2) con 10 *Eichhornia* y en el humedal tres (H3) con 15 *Eichhornia Crassipes* se obtuvo STD de 3856, 3579, 2819 y 2009.67 mg/L respectivamente.

En los muestreos realizados a los 8 días en el G.C con 0 *Eichhornia Crassipes*, en el H1 con 5 *Eichhornia Crassipes*, en el H2 con 10 *Eichhornia Crassipes* y en el H3 con 15 *Eichhornia Crassipes* se obtuvo STD de 3040, 2748, 2310 y 1211 mg/L respectivamente. Indicando que a tiempo constante de 8 días la remoción es mayor de STD con 15 jacintos de agua.

Tabla N° 10: Remoción de DBO<sub>5</sub> después de aplicar la *Eichhornia Crassipes*

% de remoción				Densidad poblacional	Humedal artificial
DBO <sub>5</sub>		STD			
4 días	8 días	4 días	8 días		
2.87	7.96	5.65	25.26	0	G.C
9.87	12.71	12.44	32.78	5	01
17.00	28.18	31.04	43.48	10	02
28.20	55.88	50.83	70.38	15	03

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°10 se observa los porcentajes de remoción después de aplicar la *Eichhornia Crassipes*, donde se aprecia que la menor remoción de DBO<sub>5</sub> es de 2.87 % a los 4 días en el grupo control y la mayor remoción de DBO<sub>5</sub> es de 55.88 % a los 8 días en el humedal artificial tres con 15 *Eichhornia Crassipes*.

Tabla N° 11: Remoción de STD después de aplicar la *Eichhornia Crassipes*

% de remoción de STD		Densidad poblacional	Humedal artificial
4 días	8 días		
5.65	25.26	0	Grupo control
12.44	32.78	5	01
31.04	43.48	10	02
50.83	70.38	15	03

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°11 se observa los porcentajes de remoción después de aplicar la *Eichhornia Crassipes*, donde se aprecia que la menor remoción de STD es de 5.65 % a los 4 días en el grupo control y la mayor remoción de STD es de 70.38% a los 8 días en el humedal artificial tres con 15 *Eichhornia Crassipes*.



### 3.3. Análisis de varianza de un factor – ANOVA.

Tabla N° 12: Análisis de varianza para la DBO<sub>5</sub>

Análisis de varianza de un factor

#### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	5408.857	1802.952	2443272.251
Columna 2	3	5078.190	1692.730	2137972.639
Columna 3	3	4436.857	1478.952	1643890.324
Columna 4	3	3329.507	1109.836	1055490.115

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	839437.213	3	279812.404	0.154	0.924	4.066
Dentro de los grupos	14561250.657	8	1820156.332			
Total	15400687.870	11				

Fuente: Elaboración propia.

El valor de “F” es menor al valor crítico por lo tanto se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), asumiendo que las medias de los humedales artificiales y grupo control no son estadísticamente significativos, con 95% de confiabilidad, por lo tanto, estadísticamente no hay diferencia de remoción de DBO<sub>5</sub> en los diferentes tiempos y densidad poblacional de *Eichhornia Crassipes*.

Tabla N° 13: Análisis de varianza para los STD.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	6896.333	2298.778	4129884.481
Columna 2	3	6331.667	2110.556	3497801.926
Columna 3	3	5139.000	1713.000	2239757.444
Columna 4	3	3235.333	1078.444	1007785.815

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2620305.880	3	873435.293	0.321	0.810	4.066
Dentro de los grupos	21750459.333	8	2718807.417			
Total	24370765.213	11				

Fuente: Elaboración propia.

El valor de “F” es menor al valor crítico por lo tanto se acepta la hipótesis nula, asumiendo que las medias de los humedales artificiales y grupo control no son estadísticamente significativos, con 95% de confiabilidad, por lo tanto, estadísticamente, no hay diferencia de remoción de STD en los diferentes tiempos y densidad poblacional de *Eichhornia Crassipes*.

Tabla N° 14: DBO<sub>5</sub> de acuerdo a la *Eichhornia Crassipes* (X1) y tiempo (X2).

Y	X1 (Unidad)	X2 (Días)
2777	0	4
2632	0	8
2577	5	4
2496	5	8
2373	10	4
2054	10	8
2053	15	4
1262	15	8

Fuente: elaboración propia

### REGRESIÓN LINEAL – DBO<sub>5</sub>.

#### Resumen

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.93
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.86
R <sup>2</sup> ajustado	0.81
Error típico	214.67
Observaciones	8

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	1423972.76	711986.38	15.451	0.007
Residuos	5	230407.88	46081.58		
Total	7	1654380.636			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	3299.02	260.71	12.65	0.0001	2628.84	3969.20
Variable X 1	-69.30	13.58	-5.10	0.0038	-104.20	-34.40
Variable X 2	-83.56	37.95	-2.20	0.0789	-181.11	13.99

#### Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estándares
1	2965	-188	-1.04
2	2631	1	0.01
3	2618	-41	-0.23
4	2284	212	1.17
5	2272	101	0.56
6	1938	116	0.64
7	1925	128	0.70
8	1591	-329	-1.82

Fuente: Microsoft Excel 2016

El coeficiente de correlación múltiple es de 93% en la cual indica que la asociación lineal entre las variables es positiva y fuerte entre ellos, por lo tanto, se asume que con ese coeficiente de correlación hay una tendencia lineal entre las variables en estudio y la ecuación lineal es la siguiente

$$DBO_5 = 3299.02 - 69.30 * (\text{densidad poblacional}) - 83.5567$$

Tabla N° 15: STD de acuerdo a la *Eichhornia Crassipes* (X1) y tiempo (X2)

Y	X1 (Unidad)	X2 (Días)
3856	0	4
3040	0	8
3579	5	4
2748	5	8
2819	10	4
2310	10	8
2010	15	4
1211	15	8

Fuente: elaboración propia

### REGRESIÓN LINEAL – STD.

#### Resumen

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.97
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.95
R <sup>2</sup> ajustado	0.93
Error típico	228.01
Observaciones	8

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	4828176.26	2414088.13	46.435	0.001
Residuos	5	259943.73	51988.75		
Total	7	5088119.99			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	4721.59	276.92	17.05	0.000	4009.752	5433.431
Variable X 1	-122.26	14.42	-8.48	0.000	-159.326	-85.187
Variable X 2	-184.69	40.31	-4.58	0.006	-288.300	-81.075

## ANÁLISIS DE LOS RESIDUALES

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estándares
1	3983	-127	-0.66
2	3244	-204	-1.06
3	3372	207	1.08
4	2633	115	0.60
5	2760	58	0.30
6	2022	289	1.50
7	2149	-139	-0.72
8	1410	-200	-1.04

Fuente: Microsoft Excel 2016

El coeficiente de correlación múltiple es de 97% en la cual indica que la asociación lineal entre las variables es positiva y fuerte entre ellos, por lo tanto, se asume que con ese coeficiente de correlación hay una tendencia lineal entre las variables en estudio y la ecuación lineal es la siguiente

$$\text{SST} = 4721.59 - 122.26 * (\text{densidad poblacional}) - 184.69 * (\text{tiempo})$$

#### IV. DISCUSIÓN

El promedio de concentraciones de remoción inicial de DBO<sub>5</sub> fueron de 2859 mg/L, estos resultados son corroborados con la investigación de (Narváez y Sánchez 2018) que indican que en Pollos a la Brasa Menú Express presentan un valor de 3430 mg/L de DBO<sub>5</sub>, mientras que en la Pollería Medileny presenta un valor promedio de 3598 mg/L de DBO<sub>5</sub> lo cual nos demuestra que la mínima diferencia es debido a las diferentes categorías de aguas residuales, la categoría de pollerías existe mayor cantidad de materia orgánica en comparación de las aguas residuales de restaurantes la materia orgánica es mucho menor.

Los resultados promedios de remoción de DBO<sub>5</sub> a los 8 días fueron de 7.96 % para el grupo control, 12.71% para el humedal 1, 28.18 % para el humedal 2 y 55.88 % para el humedal 3, evidenciando que solo el humedal 3 tiene el más alto porcentaje, esto pudo ser por la mayor cantidad de *Eichhornia Crassipes*, que contribuyo a una mejor remoción, por otro lado el promedio de remoción de STD a los 8 días fueron de 25.26%, 32.78%, 43.48 y 70.38 de grupo control, humedal 1, humedal 2, humedal 3, respectivamente, evidenciando que el humedal 3 tiene el más alto porcentaje, esto pudo haber sido a causa de los mecanismos de filtración existentes en el humedal. En el estudio de (Gavilán,2015) que hizo uso de la macrofita *E. crassipes* la mayor remoción de la DBO<sub>5</sub>, fue de 94.8%, con un tiempo de retención hidráulica de 14 días, resultados que demuestran que los efectos de remoción obtenidos fueron más eficaces debido a mayor tiempo de retención, en relación a la tesis de (Díaz y Valdivia 2018) demostraron que el porcentaje de remoción de STD, fue de un 85% y un 93% de la DBO<sub>5</sub> utilizando plantas acuáticas, asimismo en la tesis de (Chuquibala y Sánchez,2016) demostraron que el humedal con la especie jacinto de agua obtuvo una eficiencia de remoción del 77.04% de DBO<sub>5</sub>.

La mejor relación del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* (jacinto de agua) es a los 8 días en el humedal tres con 15 plantas de *Eichhornia Crassipes* que tuvo un promedio de porcentaje de remoción de 55.88 % de DBO<sub>5</sub> y 70.38 % de solidos totales disueltos, los valores obtenidos en esta

investigación son corroborados por (Coronel, 2016) que en su tesis uso *Eichhornia Crassipes* y removió un 95,55% de DBO<sub>5</sub> a los 10 días. Además (Rodríguez 2001 citado por coronel, 2016) según este autor la disminución de los valores de demanda bioquímica de oxígeno se debe a los microorganismos asociados a la zona radicular y la eficiencia en la eliminación de este parámetro está directamente relacionada con la densidad, cobertura y profundidad de esta especie en el agua. De igual manera (Celis et al., 2005 citado por coronel, 2016) manifiesta que *Eichhornia Crassipes* posee un sistema de raíces, que tiene microorganismos asociados a ellas, lo que le permite remover los compuestos orgánicos y disminuir en gran manera los niveles de los parámetros físicos, por lo tanto, se concuerda con los comentarios de los autores ya que en el humedal tres hubo mayor remoción debido al mayor tiempo y cantidad del jacinto de agua.

Los 3 humedales artificiales, el parámetro DBO<sub>5</sub> está por encima de los Valores Máximos Admisibles (VMA) y el parámetro de sólidos totales disueltos no pudo ser comparado porque no está especificado sus límites de permisibilidad en el Decreto Supremo N° 021 – 2009 – VIVIENDA, (Coronel, 2016) menciona en su tesis que solo 5 parámetros (temperatura, pH, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno) de 16 están por debajo de los Límites Máximos Permisibles y 10 parámetros no pudieron ser comparados por no estar especificados sus límites de permisibilidad, resaltando que en su investigación la DBO<sub>5</sub> está por debajo debido que el agua residual es generada de toda la universidad, en comparación con esta investigación el agua residual es netamente generada de un restaurante que la materia orgánica es muy elevada, donde se afirma que los humedales artificiales con *Eichhornia Crassipes* como tratamiento único de las aguas residuales comerciales no cumple con los valores máximos admisibles para el parámetro químico DBO<sub>5</sub> exigido en el Decreto Supremo N° 021 – 2009 – VIVIENDA, a pesar de que en el humedal tres con 15 plantas a los 8 días hubo una disminución de 55,88 %, no se logró alcanzar a cumplir con la normativa, en lo cual se indica que se tiene que adicionar previos tratamientos para luego ingresar al humedal artificial.

## V. CONCLUSIÓN

Se concluye que a mayor tiempo y densidad poblacional de *Eichhornia Crassipes* mediante humedales artificiales hay mayor efecto de remoción de STD y DBO<sub>5</sub> de las aguas residuales comerciales del restaurante kemy, La Esperanza.

Se realizó los análisis fisicoquímicos antes y después del tratamiento de igual modo del grupo control, se demostró que las concentraciones iniciales de los parámetros de DBO<sub>5</sub> y STD en las aguas residuales comerciales eran muy elevadas, pero después de aplicar la *Eichhornia Crassipes* mediante humedales artificiales se consiguió concentraciones muy por debajo de las iniciales, principalmente a los 8 días.

El mayor porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub> y STD fue de 55.88 % ,70.38% respectivamente, a un tiempo de 8 días, con una densidad poblacional de 15 *Eichhornia Crassipes*.

La mejor relación del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* (jacinto de agua) para la remoción de DBO<sub>5</sub> y STD en el tratamiento de las aguas residuales comerciales es a los 8 días en el humedal artificial tres con 15 jacintos de agua.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos de DBO<sub>5</sub>, están por encima de los Valores Máximos Admisibles (VMA) estipulados en el Decreto Supremo N° 021 – 2009 – VIVIENDA a pesar de que en el humedal artificial 3 con 15 plantas disminuyo de 2859 mg/L a 1262 mg/L, aproximadamente hubo una reducción de 55.88%.



## **VI. RECOMENDACIÓN**

Se recomienda colocar aireadores en los humedales artificiales funcionen apropiadamente y no genere malos olores a largo tiempo.

Se recomienda realizar un previo procedimiento a las aguas residuales comerciales antes de ingresar los humedales artificiales, por ejemplo, colocar un desengrasador, un filtrante, etcétera.

Se recomienda aclimatar las especies por lo menos 2 semanas antes para que no sufran cambios bruscos y mueran en el proceso.

Se recomienda aplicar un modelo de tratamiento a todos los restaurantes, porque el DBO<sub>5</sub> es muy elevado para ser arrojado directamente al alcantarillado.

## REFERENCIAS

ALMEIDA, Sandra. Densidad poblacional. [en línea]. Brasil: FCUP, 2018 [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2018]. Disponible en: <http://knoow.net/es/ciencias-tierra-vida/biologia-es/densidad-poblacional/>

CORONEL Castro, 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. Tesis. (Título profesional) Amazonas, Chachapoyas: Facultad de ingeniería civil y ambiental, 2016. Disponible en: <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/657/EFICIENCIA%20DEL%20JACINTO%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CELIS, José, JUNOD, Julio, SANDOVAL, Marco. *Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas*. [en línea]. Vol. 14, n.o: 1. 2005. [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/299/29900103.pdf?fbclid=IwAR0JzrGfvOl3T2ZxJoxVPtGvODA4gp6TiuqqvxxvWG4CSvkmO9uVhAoR2AYg>

ISSN: 0717-196X

Colegio de Ingenieros propone implementación de planta de tratamiento para evitar contaminación de litoral costero [en línea]. RPP noticias. 25 de junio del 2015. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2018]. Disponible en: <https://rpp.pe/peru/actualidad/trujillo-advierten-que-60-de-aguas-residuales-van-al-mar-noticia-810972>.

DIAZ, Elena y VALDIVIA, Iris. Efecto del tiempo de retención y variación de especies de plantas ornamentales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales domésticas. Tesis. (Título Profesional) Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018. Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13951/D%c3%adaz%20Vera%20>

[%20Elena%20Jeaneth%20%20Valdivia%20Odiaga%20Iris%20Andrea.pdf?sequence=1&isAllowed=y.](#)

Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA (Perú). Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. INN 2015.9pp.

DEPURACIÓN de aguas residuales por medio de humedales artificiales por Delgadillo Oscar [et al]. [en línea]. Bolivia: Nelson Antequera Durán, 2010 [fecha de consulta: 03 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>

ISBN: 978-99954-766-2-5

Determinacion de la demanda bioquimica de oxigeno. OLIVA, Paola. 17 de Diciembre del 2013. Disponible en : [https://es.slideshare.net/pahola\\_estefy/laboratorio-dbo-demanda-biologica-de-oxigeno](https://es.slideshare.net/pahola_estefy/laboratorio-dbo-demanda-biologica-de-oxigeno).

FITORREMEDIACIÓN: Fundamentos y aplicaciones por Núñez Roberto [et al]. [en línea]. México, 2004 [Fecha de consulta: 09 de setiembre de 2018]. Fitorremediación. Disponible en: [https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/55\\_3/Fitorremediacion.pdf](https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf)

FISCALIZACIÓN AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES. OEFA, abril del 2014: Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

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 (Título profesional). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012. Disponible en [http://www.lima-water.de/documents/zgarcia\\_tesis.pdf](http://www.lima-water.de/documents/zgarcia_tesis.pdf)

GÓMEZ, Miguel. Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando *Cyperus Alternifolius* y *Chrysopogon Zizanioides* para el tratamiento de aguas servidas. Tesis. (Título Profesional). Lima: UNIVERSIDAD Nacional Agraria la Molina,

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2875/P10-G654-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GAVILANES, Freddy. Influencia de *Eichhornia crassipes* y microorganismos eficientes sobre contaminantes químicos y orgánicos de las aguas residuales de Naranjito, Ecuador [en línea]. Febrero – junio 2015, [Fecha de consulta: 02 de marzo del 2019]. Disponible en <file:///C:/Users/COMPUTO-INGENIERIA/Downloads/52-457-1-PB.pdf>

LARIOS, Fernando, GONZALES, Carlos y MORALES, Yennifer. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú [en línea]. Lima.2015. [Fecha de consulta: 13 de noviembre del 2018]. Disponible en: <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>

ISSN 2311 – 7613

CHINCHILLA, Martín. Relación de parámetros de diseño de trampas de grasas (desengrasadores) versus su eficiencia, en aguas residuales comerciales. Tesis. (Magister científica) Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.2015.

Disponible en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0503\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0503_MT.pdf)

CHUQUIBALA Y SÁNCHEZ, “Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes del afluente doméstico mediante la aplicación de *eichhornia crassipes* y *lemma minor* en el anexo el molino, distrito de chachapoyas, provincia de chachapoyas, departamento de amazonas 2016.Tesis (título profesional). Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas ,2016. Disponible en: <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1357/Mervin%20Chuquibala%20Chec%C3%A1n-%20Hipattia%20Sanchez%20S..pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Programas de acceso libre para el análisis y gestión de los recursos hídricos. [Mensaje en un blog]. Barcelona: Madrid. (21 de diciembre del 2018). [Fecha de consulta: 03 de noviembre del 2018]. Recuperado de. <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2018/12/21/133759>.

MONTIEL, Ricardo; REYES, Casperini y MONTIEL, Daniela. Socioepistemología, Matemáticas y Realidad Socioepistemology, Matemáticas and Reality. Revista latinoamericana de Entomatrmatca [en línea]. Agosto – octubre 2014.Fecha de consulta: 09 de octubre del 2018].\_Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/2740/274032530006.pdf>.

NARVÁEZ Y SÁNCHEZ. Evaluación de los valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el rubro pollería en la ciudad de Cajamarca. Tesis (título profesional). Cajamarca: Universidad Privada del Norte.2018. Disponible <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14773/Narvaez%20Basauri%20Carlos%20Enrique%20-%20S%c3%a1nchez%20Balc%c3%a1zar%20Wilmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SOLER, et. Evaluación de humedales artificiales de flujo libre superficial con macrófitas acuáticas flotantes. Revista internacional de agua y riego [en línea]. Febrero – noviembre 2018, n, °3. [Fecha de consulta: 23 de diciembre del 2018]. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/101244/8596-36920-1-PB.pdf?sequence=1>

SEDALIB Superintendencia nacional de servicio y saneamiento (Perú).of.2014: Aprueban meta de gestión, formula tarifaria y estructura tarifaria que aplicará Sedalib S.A. En el quinquenio regulatorio 2014-2019.Perú: INN, 2014.17pp. RAFFO, Eduardo y RUIZ, Edgard. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. [En línea]. Enero - Julio 2014, n°3. [Fecha de consulta: 12 de diciembre del 2018]. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

RODRIGUEZ, Celia, DÍAS, Miguel, [et al.]. Acción depuradora de algunas plantas acuáticas sobre las aguas residuales. [en línea]. Mayo-noviembre 2001, n, °3. [Fecha de consulta: 23 de noviembre del 2018].

Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01280e08.pdf>

RAMOS, Armando. Modelo de tratamiento de aguas residuales lodos activados convencional en el valle del Mantaro. Tesis (Título profesional). Huancayo: Universidad Nacional del centro del Perú, 2014. Disponible en. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/426>

WWAP Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. 07 de agosto del 2017. Disponible en: <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2017/03/247647S.pdf>.

## ANEXOS

Anexo N°01: Instrumentos usados en la investigación.

### LISTA DE COTEJO

**Proyecto de Investigación:** “Efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* para la remoción de STD y DBO de aguas residuales comerciales, La Esperanza, 2019”

**Línea de Investigación:** Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**Investigadoras:** Bernabé García Yeslin y Medina Cerna Heredia

**Tiempo del proyecto:** 5 meses

**Lugar de experimentación:** Distrito La esperanza -Trujillo

Lista de cotejo			
	Si	No	Observación
Olores	si		Debido al tiempo de la retención hidráulica.
<i>Eichhornia Crassipes</i> es eficiente para el tratamiento de aguas residuales comerciales.	si		Por qué logró disminuir eficientemente los parámetros de STD Y DBO <sub>5</sub> .
Las plantas <i>Eichhornia Crassipes</i> crecieron con facilidad en los humedales artificiales.		No	Se tuvieron que adaptar por un tiempo determinado.
<i>Eichhornia Crassipes</i> tiene que ser homogéneas y de la misma edad.	Si		Para que tengan el mismo funcionamiento en su desarrollo.

Fuente: Elaboración propia

Gasto de la solución de tiosulfato de sodio de la muestra inicial (muestra sin tratamiento).

	1 repetición		2 repetición		3 repetición	
	1 día	5 día	1 día	5 día	1 día	5 día
Agua diluida	12.8	11.9	13.1	12.1	12.7	11.5
Muestra inicial	10.5	3.4	10.3	3.2	10.5	3.4

Fuente: Elaboración propia

Gasto de la solución de tiosulfato de sodio a los 4 días de aplicar el jacinto de agua.

	1 repetición		2 repetición		3 repetición	
	1 día	5 día	1 día	5 día	1 día	5 día
Agua diluida	13.5	11.9	12.9	12	13.2	12.1
Grupo control	12.0	5.1	12.1	5.2	12.0	5.1
H.A 01	12.3	5.9	12.4	6.0	12.3	5.9
H.A 02	12.5	6.6	12.6	6.7	12.5	6.6
H.A 03	13.0	7.9	13.1	8	12.9	7.8

Fuente: Elaboración propia

Gasto de la solución de tiosulfato de sodio a los 8 días de aplicar el jacinto de agua.

	1 repetición		2 repetición		3 repetición	
	1 día	5 día	1 día	5 día	1 día	5 día
agua diluida	12.5	12.0	12.4	11.9	12.5	12.0
Grupo control	11.9	5.4	11.8	5.3	11.9	5.3
H.A 01	12.0	5.8	11.9	5.7	12	5.8
H.A 02	12.2	7.1	12.1	7.0	12.3	7.2
H.A 03	12.4	9.2	12.4	9.3	12.6	9.2

Fuente: Elaboración propia



## Ejemplo del cálculo del DBO<sub>5</sub>

Primera repetición de la muestra inicial

1 DÍA

5 DÍA

Agua diluida

$$\text{OD} = \frac{200}{298} * 12.8 = 8.59$$

$$\text{OD} = \frac{200}{298} * 11.9 = 7.99$$

Muestra inicial

$$\text{OD} = \frac{200}{298} * 10.5 = 7.05$$

$$\text{OD} = \frac{200}{298} * 3.4 = 2.28$$

$$\text{DBO}_5 = \frac{(7.05 - 2.28) - \frac{0.5}{300} (8.59 - 7.99)}{\frac{0.5}{300}} = 2861.4 \text{ mg/L}$$

## FICHA DE REGISTRO DE DATOS

**Proyecto de Investigación:** “Efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* para la remoción de STD y DBO de aguas residuales comerciales, La Esperanza, 2019”

**Línea de Investigación:** Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**Investigadoras:** Bernabé García Yeslin y Medina Cerna Heredia

**Tiempo del proyecto:** 5 meses

**Lugar de experimentación:** Distrito La esperanza -Trujillo

Resumen del DBO<sub>5</sub> de la muestra inicial de las tres repeticiones.

Muestra inicial	
Repeticiones	DBO <sub>5</sub>
1	2861.4
2	2855.33
3	2861.2
PROMEDIO	2859.31

Fuente: Elaboración propia

## FICHA DE REGISTRO DE DATOS

**Proyecto de Investigación:** “Efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* para la remoción de STD y DBO de aguas residuales comerciales, La Esperanza, 2019.”

**Línea de Investigación:** Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**Investigadoras:** Bernabé García Yeslin y Medina Cerna Heredia

**Tiempo del proyecto:** 5 meses

**Lugar de experimentación:** Distrito La esperanza -Trujillo

Resumen del DBO<sub>5</sub> de las tres repeticiones a los 4 días de aplicar el jacinto de agua

DBO <sub>5</sub> (mg/l) a los 4 días					
Repeticiones	Muestra (ml)	Grupo control	H.1	H.2	H.3
1	0.5	2776.93	2578.93	2374.93	2050.93
2	05	2777.39	2573.39	2369.39	2051.39
3	0.5	2777.26	2579.26	2375.26	2056.26
PROMEDIO	0.5	2777.19	2577.19	2373.19	2052.86

Fuente: Elaboración propia

## FICHA DE REGISTRO DE DATOS

**Proyecto de Investigación:** “Efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* para la remoción de STD y DBO de aguas residuales comerciales, La Esperanza, 2019.”

**Línea de Investigación:** Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**Investigadoras:** Bernabé García Yeslin y Medina Cerna Heredia

**Tiempo del proyecto:** 5 meses

**Lugar de experimentación:** Distrito La esperanza -Trujillo

Resumen del DBO<sub>5</sub> de las tres repeticiones a los 8 días de aplicar el jacinto de agua

DBO <sub>5</sub> (mg/l) A LOS 8 DIAS					
Repeticiones	Muestra (ml)	Grupo control	H.1	H.2	H.3
1	0.5	2621.66	2495.66	2051.66	1289.66
2	05	2615.67	2495.67	2051.67	1247.67
3	0.5	2657.66	2495.66	2057.66	1247.66
PROMEDIO	0.5	2631.66	2495.66	2053.66	1261.66

Fuente: Elaboración propia

Promedio de las 3 repeticiones del DBO<sub>5</sub> mg/L

Tiempo	Grupo control	H.1	H.2	H.3
	0	5	10	15
4 DÍAS	2777.19	2577.19	2373.19	2052.84
8 DÍAS	2631.66	2496.00	2053.66	1261.66

Fuente: Elaboración propia

## FICHA DE REGISTRO DE DATOS

**Proyecto de Investigación:** “Efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* para la remoción de STD y DBO de aguas residuales comerciales, La Esperanza, 2019.”

**Línea de Investigación:** Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**Investigadoras:** Bernabé García Yeslin y Medina Cerna Heredia

**Tiempo del proyecto:** 5 meses

**Lugar de experimentación:** Distrito La esperanza -Trujillo

Resumen de STD de la muestra inicial de las tres repeticiones.

Muestra blanca				
Repeticiones	muestra (ml)	peso final	peso inicial	STD (mg/l)
1	100	45.719	45.3100	4090
2	100	48.6187	48.2101	4086
3	100	48.6152	48.2066	4086
PROMEDIO				4087

Fuente: Elaboración propia

## FICHA DE REGISTRO DE DATOS

**Proyecto de Investigación:** “Efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* para la remoción de STD y DBO de aguas residuales comerciales, La Esperanza, 2019.”

**Línea de Investigación:** Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**Investigadoras:** Bernabé García Yeslin y Medina Cerna Heredia

**Tiempo del proyecto:** 5 meses

**Lugar de experimentación:** Distrito La esperanza -Trujillo

Resumen de STD de las tres repeticiones a los 4 días de aplicar el jacinto de agua.

Muestra a los 4 días						
	Repeticiones	muestra (ml)	peso final	peso inicial	STD(ppm)	PROMEDIO
Grupo control	1	100	48.5916	48.2081	3835	3856
	2	100	48.6001	48.2124	3877	
	3	100	48.6499	48.2642	3857	
H.A.01	1	100	53.8529	53.4987	3542	3579
	2	100	53.8501	53.4905	3596	
	3	100	53.8551	53.4952	3599	
H.A.02	1	100	49.2417	48.96	2817	2819
	2	100	49.2212	48.9402	2810	
	3	100	49.2531	48.9702	2829	
H.A.03	1	100	49.1872	48.9862	2010	2010
	2	100	49.1812	48.9799	2013	
	3	100	49.1811	48.9805	2006	

Fuente: Elaboración propia

## FICHA DE REGISTRO DE DATOS

**Proyecto de Investigación:** “Efecto del tiempo de retención y densidad poblacional del *Eichhornia Crassipes* para la remoción de STD y DBO de aguas residuales comerciales, La Esperanza, 2019.”

**Línea de Investigación:** Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**Investigadoras:** Bernabé García Yeslin y Medina Cerna Heredia

**Tiempo del proyecto:** 5 meses

**Lugar de experimentación:** Distrito La esperanza -Trujillo

Resumen de STD de las tres repeticiones a los 8 días de aplicar el jacinto de agua.

Muestra a los 8 días						
	Repeticiones	muestra (ml)	Peso final	Peso inicial	STD (mg/L)	Promedio
GRUPO CONTROL	1	100	48.5116	48.2081	3035	3040
	2	100	48.5096	48.2091	3005	
	3	100	48.5101	48.2021	3080	
H.1	1	100	53.7736	53.4975	2761	2748
	2	100	53.7723	53.4975	2748	
	3	100	53.7709	53.4975	2734	
H.2	1	100	49.2121	48.9802	2319	2310
	2	100	49.2119	48.9812	2307	
	3	100	49.2127	48.9822	2305	
H.3	1	100	49.1021	48.9802	1219	1211
	2	100	49.1005	48.9802	1203	
	3	100	49.1012	48.9802	1210	

Fuente: Elaboración propia.

Promedio de las 3 repeticiones de STD mg/L

Resumen- STD- (mg/L)				
Tiempo	0	5	10	15
4	3856	3579	2819	2010
8	3040	2748	2310	1211

Fuente: Elaboración propia

**Figura 01:** Recolección de la macrófita flotante *Eichhornia Crassipes*.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 02:** Adaptación de *Eichhornia crassipes* por aproximadamente 5 días.



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura 03:** Recipientes para la elaboración de los 3 humedales artificiales más el recipiente rojo es el grupo control.



**Fuente:** Elaboración Propia.



**Figura 04:** Recolección del agua residual comercial de diferentes actividades del restaurante Kemy.



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 05:** Componentes del humedal artificial grava, arena y el agua residencial.



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura 06:** Se agregaron los componentes a los humedales artificiales, grava, arena y la macrófita (Jacinto de agua).



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura 07:** recolección de las aguas residuales comercial del restaurante Kemy



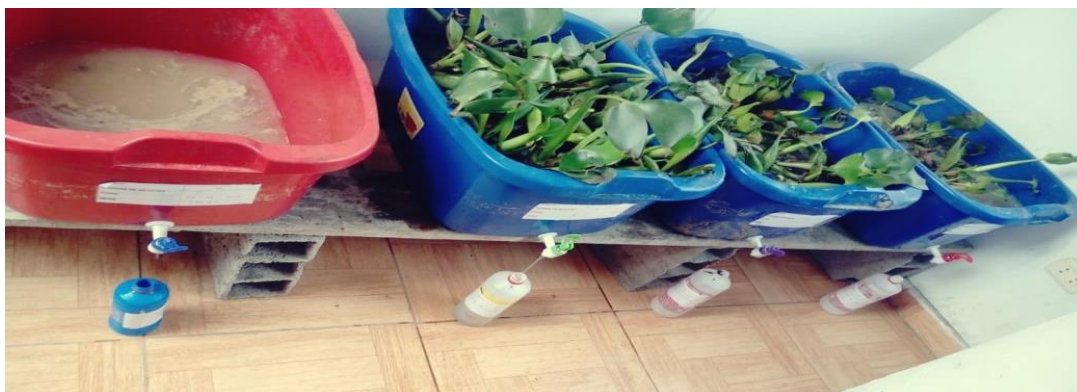
**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura 08:** Se homogenizó el agua residual comercial y se tomó 1L de muestra y se preservó en una caja de tecnopor con hielo, para luego ser analizadas en el laboratorio de la UNT.



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura 09:** Recolección de la muestra, después del tratamiento.



**Fuente:** Elaboración Propia.