



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

“Año de la Consolidación del Mar de Grau”

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL

**“EFECTO DEL TIEMPO Y RADIACIÓN SOLAR SOBRE LAS  
MACRÓFITAS FLOTANTES PARA LA REDUCCIÓN DE LA DBO  
DEL AGUA DEL CANAL MOCHICA – MOCHE”**

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

**AUTOR:**

GAMBOA FLORECIN, MAIRA LISBETH

**ASESOR:**

Dr. JOSÉ ALFREDO CRUZ MONZÓN

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

**TRUJILLO – PERÚ**

**2017**

## INDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>6</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1. Realidad problemática.....	7
1.2. Trabajos previos.....	8
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	11
1.3.1. Radiación solar .....	11
1.3.2. Macrófitas .....	11
1.3.3. Demanda bioquímica de oxígeno .....	13
1.3.4. Eca para agua .....	13
1.3.5. Canal mochica .....	14
1.4. Formulación del problema.....	15
1.5. Justificación.....	15
1.6. Hipótesis .....	15
1.7. Objetivos .....	16
1.7.1. Objetivo general.....	16
1.7.2. Objetivos específicos.....	16
<b>II. METODO.....</b>	<b>16</b>
2.1. Tipo de investigación.....	16
2.2. Diseño de investigación .....	16
2.3. Variables .....	17
2.4. Operacionalización de variables .....	18
2.5. Población y muestra.....	19
2.6. Tecnicas e instrumentos de recoleccion de datos, validez y confiabilidad .....	19
2.7. Métodos de analisis de datos.....	20
2.8. Aspectos éticos .....	21

<b>III. RESULTADOS</b> .....	<b>22</b>
<b>IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>26</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>30</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>31</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>32</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>34</b>
ANEXO 1: Prueba de Normalidad.....	34
ANEXO 2: Prueba Tukey, con presencia de luz utilizando <i>Eichhornia crassipes</i> .....	34
ANEXO 3: Prueba Tukey, con ausencia de luz utilizando <i>Eichhornia crassipes</i> .....	34
ANEXO 4: Prueba Tukey, con presencia de luz utilizando <i>Pistia stratiotes</i> .....	35
ANEXO 5: Prueba Tukey, con ausencia de luz utilizando <i>Pistia stratiotes</i> .....	35
ANEXO 6: Cadena de Custodia-Laboratorio NKAP.....	36
ANEXO 7: Informe de Ensayo, resultados de los análisis-Laboratorio NKAP..	37
ANEXO 8: Fotografías.....	39

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1: ECA para agua – Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.....	14
Tabla 2: Operacionalización de Variables.....	18
Tabla 3: Referencias del método utilizado para el análisis del parámetro a utilizar en el desarrollo de la investigación.....	20
Tabla 4: Análisis de Varianza-ANOVA para la macrófita <i>Eichhornia crassipes</i> con presencia y ausencia de luz (oscuridad).....	24
Tabla 5: Análisis de Varianza-ANOVA para la macrófita <i>Pistia stratiotes</i> con presencia de luz y ausencia de luz (oscuridad).....	25
Tabla 6: Diferencias entre ambas macrófitas flotantes en presencia y ausencia de luz (oscuridad) a los 5 días de tratamiento.....	25

Tabla 7: Diferencias entre ambas macrófitas flotantes en presencia y ausencia de luz (oscuridad) a los 15 días de tratamiento.....	26
--	----

## **INDICE DE CUADROS**

CUADRO 1: Diseño Experimental de la investigación .....	17
CUADRO 2: Resultado de la Prueba Inicial de DBO del agua del Canal Mochica-Moche .....	22
CUADRO 3: Remoción de la DBO del agua del canal Mochica, utilizando tratamiento .....	22
CUADRO 4: Remoción de DBO del agua del canal Mochica, en la prueba control .....	23

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de obtener un proceso que permita reducir la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno del agua del canal Mochica, la cual tuvo una concentración inicial promedio de 198,3 mgO<sub>2</sub>/L; para ello se utilizó tratamiento usando plantas macrófitas flotantes: *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, las cuales son consideradas reductoras de altas concentraciones de contaminantes. El diseño que se aplicó en la investigación fue un diseño experimental factorial, la muestra fue de 90 litros de agua contaminada la cual fue distribuida a recipientes con 3 litros cada una e insertando la macrófita flotantes, para ver el proceso de reducción a los 5 y 15 días posterior al tratamiento. Las muestras de DBO fueron analizadas en el Laboratorio NKAP, acreditado por INACAL, la cual utilizó el método de Incubación por 5 días; y posterior a ello el método de procesamiento de análisis de datos fue el ANOVA, para determinar el efecto de las variables independientes en la dependiente. En conclusión se afirmó la hipótesis puesto que el tiempo, radiación solar y la planta macrófita flotante (*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*) tuvieron un efecto significativo en la reducción de la DBO del agua contaminada; mostrando que el tratamiento con presencia de luz y a mayor tiempo es más efectivo en la reducción y entre las macrófitas la más efectiva es la *Eichhornia crassipes* ya que redujo de 198,3 mgO<sub>2</sub>/L hasta 16,67 mgO<sub>2</sub>/L de DBO en presencia de luz a los 15 días de tratamiento, un valor muy cerca al ECA (Estándar de Calidad Ambiental-Agua) categoría III, establecidos por D.S N° 004-2017-MINAM.

Palabras clave: Demanda Biológica de Oxígeno, planta macrófita, remoción

## ABSTRACT

This research was carried out with the aim of obtaining a process to reduce the concentration of the biochemical demand of oxygen of the water of the Mochica channel, which had an initial concentration of an average of 198.3 mgO<sub>2</sub>/L; For this purpose, treatment was used using floating macrophytes plants: *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes*, which are considered to reduce high concentrations of pollutants. The design that was applied in the investigation was an experimental design factorial, the sample was 90 liters of contaminated water which was distributed to receptacles with 3 liters each one and inserting the floating macrófita, to see the reduction process to 5 and 15 days later to the treatment. The samples of DBO were analyzed in the laboratory NKAP, accredited by INACAL, which used the method of incubation for 5 days; and subsequently the method of processing data analysis was the ANOVA to determine the effect of the independent variables in the dependent. In conclusion it was stated the hypothesis since the time, solar radiation and the plant macrophytes floating (*Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes*) had a significant effect on the reduction of the DBO of the contaminated water; showing that the treatment with the presence of light and more time is more effective in the reduction and among the macrophytes the most effective is the *Eichhornia crassipes* since it reduced from 198.3 mgO<sub>2</sub> / L to 16.67 mgO<sub>2</sub> / L of BOD in the presence of light after 15 days of treatment, a value very close to the ECA (Standard for Environmental Quality-Water) category III, established by DS N ° 004-2017-MINAM.

Key words: Biological Oxygen Demand, plant macrophyte, removal.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

En los últimos años, la contaminación de los recursos hídricos a nivel mundial, ha ido en aumento, ya sea por causa proveniente de la naturaleza o por las actividades que el hombre realiza en su vida diaria.

Según la Organización Mundial de la Salud, en uno de sus anuncios (2016), relata que: “El aumento de la carencia de agua, se debe al incremento de la población, la expansión de la urbanización y desarrollo exhaustivo del recurso para diversas actividades”. Asimismo indica que para el año 2025, parte de la ciudad a nivel mundial vivirá en lugares con carencia de este recurso, por lo tanto ya muchos países están utilizando como alternativa y solución a aquel problema; la reutilización de las aguas residuales ya sea para recuperar agua, nutrientes o energía a través de diversos tratamientos.

Nuestro país no es ajeno a dicha problemática ya que por motivos de uso irracional del agua, las inadecuadas prácticas agropecuarias y actividades extractivas que contaminan el recurso; se ha convertido en uno de los problemas ambientales que asecha a muchas zonas del Perú. En una de las noticias del Diario La República (2013), relata que: “Las lagunas de Piás, ubicada en la provincia de Pataz, y El Toro en la provincia de Santiago de Chuco, poseen elevados niveles de contaminación y por el mismo problema atraviesan el ríos Moche y Chicama, ubicadas en la provincia de Trujillo donde se ha manifestado la presencia de metales pesados”. A esta problemática se suma la falta de supervisión por parte de las autoridades competentes en relación a la contaminación de cuerpos de agua en la región, asimismo la ausencia de compromiso de la población, por mejorar y disminuir la magnitud de aquel problema.

El agua del río Moche, discurre por diferentes canales; uno de ellos es el canal Mochica, la cual se caracteriza por ser el más representativo de la provincia de Trujillo, pues atraviesa por muchos sectores de nuestra provincia, sin embargo, éste se encuentra alterado por las diversas actividades de los pobladores que vierten sus residuos sólidos y descargas de aguas servidas al interior, este hecho se aprecia principalmente en el Sector Los Patos; la falta de conciencia por parte de los pobladores genera embalses constantes en la zona.

De lo expuesto, se presume que el canal Mochica en el Sector Los Patos es un foco infeccioso generado por la población, más aun tomando en cuenta que los cultivos son regados por las aguas de dicho canal que existen niños que consideran este punto como área recreacional. Ante esta problemática existe el interés de realizar la investigación que permita conocer el efecto del tiempo y radiación solar sobre las macrófitas flotantes para la reducción de la DBO del agua del canal Mochica - Moche

## 1.2. TRABAJOS PREVIOS

**Según VERGARA, A. (1994)**, en su investigación “Remoción de Contaminantes de Aguas Residuales con Macrófitas Acuáticas, Barranquilla-Colombia”, tuvo como objetivo remover metales pesados de las aguas residuales de una fábrica; para lo cual realizó ensayos con dos especies macrófitas acuáticas: *Eichhornia crassipes* y *Pista stratiotes*, para lo cual construyó canales en forma de zigzag, lugar que servía para depurar las aguas residuales vertidas por la fábrica. Concluyendo que los contaminantes examinados (Ca, Pb, Ni, Cr, Cu) redujeron significativamente su concentración en el agua, al pasar por el filtro de macrófitas, sin embargo la E. Crassipes mostró ventaja sobre P. Stratiotes en el tiempo de retención de los contaminantes bioacumulados.



**Según Zimmels, Y. et al (2006)** en su investigación “Application of *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* for treatment of urban sewage in Israel” se plantearon como objetivos evaluar el efecto de ambas macrófitas flotantes para el tratamiento de aguas residuales con el propósito de mejorar la calidad del agua de alcantarillado urbano, estos experimentos fueron llevados a cabo en un humedal artificial de dos pisos, el proceso de purificación fue monitoreado por mediciones estándar de DBO, DQO, SST y niveles de turbidez, en el control y las aguas residuales tratadas. Los resultados confirman que el efecto de ambas plantas macrófitas flotantes fue la purificación de las aguas residuales en tiempos cortos, ya que el nivel de DBO se redujo de 123 a 25 mgO<sub>2</sub>/l.

**Según LACUESTA, C. CRISTÓBAL, M. (2013)** en su investigación “Eficiencia de tres Macrófitas en la Remediación de las Aguas del Arroyo Miguelete, Montevideo-Uruguay” plantearon como objetivo evaluar el impacto en las variables fisicoquímicas del agua del Arroyo Miguelete utilizando las plantas macrófitas, para lo cual como metodología utilizaron 12 contenedores, 3 de igual tamaño y material para el cultivo de las 3 especie de macrófitas: *Typha angustifolia*, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* y 3 testigos, evaluaron parámetros físicos químicos como Oxígeno Disuelto, pH, temperatura, DBO<sub>5</sub>, conductividad, nitrógeno, fósforo, toxicidad. En sus resultados: El agua presentó variaciones en temperatura, pH, DBO, aunque la mayor disminución se registra en los contenedores con *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*, esto se debe a que estas plantas acuáticas proporcionan densas raíces que son sitios propicios para la adhesión de los microorganismos degradadores de materia orgánicas.

**Según SAYAGO, U. (2016)** en su artículo de investigación “Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*, Bogotá-Colombia”, planteó como objetivo determinar la capacidad de remover cromo y DBO presente en estas aguas, para lo cual en el

experimento utilizó recipientes con 10 Lt. de agua, su diseño fue a escala piloto y emplearon dos plantas de la especie *Eichhornia crassipes*, cada uno de los experimentos fue por triplicado para mayor confiabilidad estadística de los datos generados, el diseño propuesto consistió en montar siete diferentes sistemas de tratamiento, 3 con un 40% de agua de curtiembres llamadas 4a, 4b y 4c y 3 con un 60 % de aguas de curtiembres llamadas 6a, 6b y 6c, el restante se complementó con agua destilada, y por último un montaje de un blanco con agua del humedal. Concluyó que la *Eichhornia crassipes* es una alternativa para usarse como retenedor de metales pesados y materia orgánica, ya que redujo hasta el 60% la presencia de cromo y DBO, obteniendo un sistema viable en el tratamiento de las aguas de las curtiembres de San Benito al sur de Bogotá.

**Según VILLARROEL, J. (2012)**, en su trabajo monográfico “Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas mediante Humedales Artificiales en la Comunidad de Rumichaca, Huamanga-Ayacucho” se planteó como objetivo realizar un estudio técnico, planificado e integral, para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Rumichaca. Para lo que concluyó, que el humedal tiene una excelente remoción de materia orgánica, puesto que los porcentajes de remoción de DBO<sub>5</sub> oscilan entre 89% - 95% y para DQO entre 75% – 86%. Considerando las etapas de pretratamiento y tratamiento primario, las remociones de estos parámetros son más eficientes logrando llegar entre 97% -99% y 91% - 95%, permitiendo que el agua tenga una característica clara, que los sólidos han sido retenidos en el lecho filtrante y permiten visualmente su aceptabilidad.

**Según ZARELA, M. GARCIA, T. (2012)** en su investigación “Comparación y Evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el Tratamiento de aguas residuales domésticas, Lima-Perú”, plantearon como objetivo realizar un estudio comparativo de la capacidad depuradora

de nutrientes presentes en las aguas residuales, de tres plantas acuáticas flotantes: *Azolla filiculoides*, *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes*; para ello utilizaron tres tipos de sistemas: Sistema por tandas, reactor, sistema continuo. Concluyendo que la capacidad de remoción de la DBO fue del 96.7%, con un periodo de retención de 5 días; por lo tanto la especie más eficiente en la capacidad de depuración de nutrientes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas para esa investigación fue la *Eichhornia crassipes* siendo capaz de remover mayor contaminantes.

### **1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA**

#### **1.3.1. RADIACIÓN SOLAR**

La radiación solar es considerado uno de los factores más importantes que regula el crecimiento y desarrollo de las plantas; controla el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos a través del control de procesos fotobiológicos (fotosíntesis, fotoperiodo, etc.) que finalmente inciden en la distribución de los organismos. (CARRAZCO, L. 2009)

#### **1.3.2. MACRÓFITAS**

Las macrófitas son plantas acondicionadas a medios húmedos o acuáticos, básicamente tienen los mismos requerimientos nutricionales de las plantas terrestres. Teniendo en cuenta sus formas de vida, se clasifican en tres grupos:

- Emergentes: Son consideradas aquellas cuya raíz está enterrada en los sedimentos y su parte superior se extiende hacia arriba de la superficie de agua. Por ejemplo, *Typha angustifolia* (*Junco, totora*)
- Flotantes: Aquellas que sus tallos y hojas se desarrollan sobre la superficie del agua, sin embargo, sus raíces no están fijas en ningún sustrato. Por ejemplo: *Eichhornia crassipes*. (*Jacinto de agua*)

- Sumergidas: Aquellas que se desarrollan debajo de la superficie del agua o completamente sumergidas. (LACUESTA, C.; CRISTÓBAL, M., 2013)

#### **1.3.2.1. PISTIA STRATIOTES**

Es una planta macrófita flotante que pertenece a la familia de las Draceae, en forma de cuña, hojas de color verde suave, por la belleza de sus hojas son usadas como plantas ornamentales, flores diminutas, siendo el periodo de floración a finales de verano. Esta planta no soporta los inviernos duros, su temperatura mínima de crecimiento es de 15°C y la óptima de crecimiento es de 22 a 30°C; su reproducción es rápida, se propaga por estolones. (CHUPAN, J. 2014)

#### **1.3.2.2. EICHHORNIA CRASSIPES**

Es una planta flotante que pertenece a la familia Pontederiaceae; distribuida en casi todos los países tropicales, en verano produce espigas de flores lilas y azuladas, sus raíces son muy características negras con las extremidades blancas cuando son jóvenes, negro violáceo cuando son adultas, se reproducen con facilidad (1 planta en aproximadamente en 23 días genera 30 plantas nuevas en condiciones de temperatura de aire de 25° a 30°). Esta planta ha despertado interés en el tratamiento de la contaminación por metales en suelos agrarios y cuerpos de agua. (LACUESTA, C.; CRISTÓBAL, M., 2013)

#### **1.3.2.3. EFECTOS DE LAS MACRÓFITAS FLOTANTES EN LA PURIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

Desde años atrás las macrófitas flotantes han sido utilizadas en sistemas de tratamiento de aguas residuales, las macrófitas más comunes como objeto de estudio son: En los flotantes se encuentra el Jacinto de agua, las lentejas de agua y plantas emergentes entre las cuales se encuentra el tule o junco usados en pantanos. Se ha confirmado que el uso de estas macrófitas constituye una alternativa para la remoción de contaminantes, ya que las ramificaciones facilita los procesos de sedimentación de sólidos, así como un área importante para la fijación de grupos de microorganismos asociados capaces de degradar materia orgánica en suspensión. (ZETINA, M; et al, 2000)

### **1.3.3. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO**

La demanda bioquímica de oxígeno es aquel parámetro que indica la calidad del agua y permite conocer la capacidad de contaminación de los cuerpos receptores, por lo que expresa la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos en la materia orgánica en descomposición. Para ello se fija ciertas condiciones de tiempo y temperatura, es decir en 5 días y a 20 °C. (SANCHEZ, M. 1994)

### **1.3.4. ECA PARA AGUA**

El artículo 31° de la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no represente riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; estos a su vez son de cumplimiento obligatorio de conformidad con lo dispuesto en la Ley. (D. S N° 004-2017-MINAM)

**Tabla 1:** ECA para agua – Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

<b>CATEGORÍA 3</b>			
<b>CATEGORÍAS</b>		<b>ECA AGUA: CATEGORÍA 3</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Riego de vegetales</b>	<b>Bebidas de animales</b>
<b>Aceites y grasas</b>	mg/L	5	10
<b>Bicarbonatos</b>	mg/L	518	-
<b>Cianuro</b>	mg/L	0.1	0.1
<b>Cloruros</b>	mg/L	500	-
<b>DBO</b>	mgO <sub>2</sub> /L	15	15
<b>DQO</b>	mg/L	40	40
<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/L	4	5

*BO = Demanda bioquímica de oxígeno*

*DQO = Demanda química de oxígeno*

**Fuente:** D. S N° 004-2017-MINAM

### **1.3.5. CANAL MOCHICA**

El canal Mochica, es el más representativos de la provincia de Trujillo pues atraviesa por muchos sectores, entre ellos los distritos de Moche, Laredo, Florencia de Mora, Trujillo. Para la presente investigación el distrito de Moche será el lugar de estudio, ya que los pobladores realizan un uso inadecuado de este canal convirtiéndolo en un botadero principalmente en el sector Los Patos, la cual pertenece al barrio Santa Rosa, Distrito de Moche.

Según una noticia del Diario La República (2017), la delimitación distrital de Moche, al igual que la de otros distritos de la Provincia de Trujillo, es un tema sensible tanto para autoridades y pobladores en general. En el caso de Moche, existen conflictos para delimitar definitivamente su ámbito

territorial distrital, específicamente con los Distritos de Trujillo y de Salaverry.

#### **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Qué efecto tiene el tiempo, radiación solar sobre las macrófitas flotantes *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la demanda bioquímica de oxígeno del agua presente en el canal Mochica-Moche de Trujillo en el año 2017?

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente el distrito de Moche no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, muchas de las aguas residuales que circulan por el Rio Moche, la cual atravieso por diversos canales, uno de ellos y el más representativo es el Canal Mochica; el sector Los Patos es considerado uno de los puntos críticos ya que el agua del canal es utilizado con fines agrícolas y recreacional sin un tratamiento ambiental, es por ello que el presente proyecto de investigación se justifica en la necesidad de obtener una alternativa ambiental para la reducción de DBO en el agua, a través de macrófitas flotantes, este método se caracteriza por ser rentable, viable, económico y que puede ser utilizado por empresas para el tratamiento de sus aguas residuales con parámetros altamente tóxicos, antes de ser dispuestas a un cuerpo receptor proponiendo en tal sentido implementar una planta de tratamiento con biotecnología.

#### **1.6. HIPÓTESIS**

El tiempo, la radiación solar y las macrófitas flotantes *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* tienen un efecto favorable en el proceso de reducción de concentración de la DBO del agua del Canal Mochica-Moche en el año 2017.

## **1.7. OBJETIVOS**

### **1.7.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el efecto del tiempo, radiación solar y las macrófitas flotantes *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la reducción de la DBO del agua del canal Mochica-Moche en el año 2017.

### **1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar el nivel inicial de la DBO del agua del canal Mochica-Moche.
- Determinar el efecto del tiempo sobre las macrófitas flotantes *Pistia stratiotes* en la reducción de la DBO del agua del canal Mochica-Moche tanto en presencia como en ausencia de luz solar.
- Determinar el efecto del tiempo sobre las macrófitas flotantes *Eichhornia crassipes* en la reducción de la DBO5 del agua del canal Mochica-Moche tanto en presencia como en ausencia de luz solar.
- Comparar la eficiencia de las macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en función del tiempo y la presencia y ausencia de luz solar.
- Determinar el porcentaje (%) de remoción de la DBO que producen las macrófitas flotantes *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* sobre el agua del canal Mochica-Moche tanto en presencia como en ausencia de luz solar.

## **II. METODO**

### **2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación según la finalidad que persigue es de tipo aplicada, cuantitativa, longitudinal y experimental.

### **2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**



Para la presente investigación se utilizara el Diseño Experimental factorial  $2^3$ ; la cual indica tres factores o variables independientes (tiempo, radiación solar y tipo de planta) y dos niveles por cada uno de los factores; que equivale a 8 tratamientos, por triplicado para mayor confiabilidad del proyecto, resulta 24 tratamientos más los 4 de control.

**CUADRO 1:** Diseño Experimental de la investigación

Tiempo (días)	Tipo de macrófita flotantes	Condición	Concentración inicial de DBO (mg/L)	P <sub>f</sub> : Concentración final de DBO (mg/L)			
				1 rep	2 rep	3 rep	$\bar{X}$
T <sub>1</sub> (5)	Pistia Stratiotes	Con Luz	P <sub>i</sub>	CLP5 <sub>1</sub>	CLP5 <sub>2</sub>	CLP5 <sub>3</sub>	
		Oscuridad		OP5 <sub>1</sub>	OP5 <sub>2</sub>	OP5 <sub>3</sub>	
	Eichhornia crassipes	Con Luz		CLE5 <sub>1</sub>	CLE5 <sub>2</sub>	CLE5 <sub>3</sub>	
		Oscuridad		OE5 <sub>1</sub>	OE5 <sub>2</sub>	OE5 <sub>3</sub>	
T <sub>2</sub> (15)	Pistia Stratiotes	Con Luz		CLP15 <sub>1</sub>	CLP15 <sub>2</sub>	CLP15 <sub>3</sub>	
		Oscuridad		OP15 <sub>1</sub>	OP15 <sub>2</sub>	OP15 <sub>3</sub>	
	Eichhornia crassipes	Con Luz		CLE15 <sub>1</sub>	CLE15 <sub>2</sub>	CLE15 <sub>3</sub>	
		Oscuridad		OE15 <sub>1</sub>	OE15 <sub>2</sub>	OE15 <sub>3</sub>	

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

## 2.3. VARIABLES:

### 2.3.1. Variable independiente:

- Tiempo (5, 15 días)
- Radiación Solar (Luz solar y oscuridad)
- Tipo de macrófitas flotante (*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*)

### 2.3.2. Variable dependiente: Reducción de DBO (mg/L)

## 2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2: Operacionalización de Variables

	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	
VARIABLE INDEPENDIENTE	Radiación Solar	Es considerado uno de los factores más importantes que regula el crecimiento y desarrollo de las plantas; controla el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos a través del control de procesos fotobiológicos (fotosíntesis, fotoperiodo, etc.) que finalmente inciden en la distribución de los organismos. (CARRAZCO, L. 2009)	Se evaluará el efecto de la radiación solar en la reducción de la DBO del agua del Canal Mochica, sector Los Patos; para ello se realizará tratamientos que estén expuestos a la luz y otros que no lo estén (oscuridad).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si reduce</li> <li>• No reduce</li> </ul>	Cualitativo Nominal
	Tiempo	Es una magnitud física que permite ordenar la secuencia de los sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro. (RAE)	El tiempo es proporcional al efecto de las macrófitas flotantes en la reducción la DBO del agua del Canal Mochica, sector Los Patos-Moche.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 días</li> <li>• 15 días</li> </ul>	Cuantitativo de razón
	Tipo de macrófitas flotantes	Las macrófitas son plantas acondicionadas a medios húmedos o acuáticos, básicamente tienen los mismos requerimientos nutricionales de las plantas terrestres; y las flotantes son aquellas que sus tallos y hojas se desarrollan sobre la superficie del agua, sin embargo, sus raíces no están fijadas en ningún sustrato. (LACUESTA, C.; CRISTÓBAL, M., 2013)	Se evaluará el efecto que tienen las macrófitas flotantes para la reducción de la DBO del agua del Canal Mochica, sector Los Patos; para ello se utilizarán dos macrófitas flotantes: <i>Pistia stratiotes</i> (lechuguilla de agua) y <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si reduce</li> <li>• No reduce</li> </ul>	Cualitativo Nominal

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DBO</b>	<p>Expresa la cantidad de oxígeno consumida por microorganismos en la materia orgánica en descomposición en el líquido residual. Fijando ciertas condiciones de tiempo y temperatura, es decir en 5 días (DBO<sub>5</sub>) y a 20 °C. Es una característica cuantificable del grado de contaminación del agua a partir de su contenido de sustancias biodegradables. (SÁNCHEZ, M. 1994)</p>	<p>La DBO, será medida a través del método de Incubación por 5 días, en el Laboratorio NKAP S.R.L; la cual utiliza como referencia: SMEWW APHA AWWA WEF, Part 5210B. 22nd Edition. 2012. (DIGESA-MINSA)</p>	mg/L	Cuantitativo de razón
-----------------------------	------------	---	---	------	-----------------------

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

## 2.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

- Población: Agua del Canal Mochica, sector Los Patos-Moche
- Muestra: 90 litros de agua del Canal Mochica-Moche
- Unidad de Análisis: 3 litros de muestra para cada recipiente.

## 2.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

### 2.6.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Observación de campo-Experimental.

Instrumento: Hoja o ficha de registro de datos, cadena de custodia

### 2.6.2. Validez del Instrumento de recolección de datos

Para la toma y recolección de muestra se realizó teniendo en cuenta el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de Agua establecido por la ANA, 2016. Asimismo los análisis realizados para cada muestra en relación al parámetro de DBO del agua se desarrollaran en el Laboratorio NKAP S.R.L, que se encuentra acreditado por INACAL y cuenta con los instrumentos y materiales adecuados para el desarrollo de los análisis.

### 2.6.3. Procedimiento

El procedimiento utilizado para el desarrollo del proyecto de investigación es el que se describe a continuación:

- a) Recolección bibliográfica y reconocimiento del área de estudio.
- b) Selección de las macrófitas flotantes

- c) Adquisición de 28 recipientes con capacidad para 3 litros y distribuirlos hacia dos ambientes (con luz y a oscuridad).
- d) Recolección del agua de estudio, tomando en cuenta el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de Agua establecido por la ANA, 2016.
- e) Tomar una muestra más dos réplicas y trasladarlos al Laboratorio NKAP S.R.L; para su análisis correspondiente. Registrar dato inicial obtenido en la prueba inicial ( $P_i$ ).
- f) Distribución de la muestra a cada recipiente.
- g) Colocar en doce recipientes con agua la macrófita *Pistia stratiotes*, en otras doce la macrófita *Eichhornia crassipes*, por su parte las otras cuatro contendrán solo agua contaminada, a los que no se adicionara plantas macrófita, la mitad de cada uno de ellos separados en los dos ambientes (con luz y a oscuridad)
- h) Tomar muestra de los recipientes a los 5 días luego de adición de las macrófitas, trasladarlas al Laboratorio para su análisis; registrar datos finales.
- i) Tomar muestra de los doce recipientes a los 15 días luego de adición de las macrófitas, y los 4 recipientes con la prueba control o testigo; posterior a ello trasladarlas al Laboratorio para su análisis; registrar datos finales.
- j) Realizar la prueba estadística con los datos registrados.

## 2.7. MÉTODOS DE ANALISIS DE DATOS

Los métodos de ensayo utilizados para analizar los parámetros ya especificados, fueron los siguientes:

**Tabla 3:** Referencias del método utilizado para el análisis del parámetro a utilizar en el desarrollo de la investigación

PARÁMETRO	REFERENCIA DEL MÉTODO
DBO	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 5210B. 22nd Edition. 2012. Biochemical oxygen demand (BOD).: Método de incubación de 5 días

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

Con los resultados de los parámetros obtenidos en el laboratorio, se procederá a elaborar una base de datos para realizar el respectivo análisis estadístico, con el fin de determinar la efectividad del tiempo, la condición (con luz solar y oscuridad) y el tipo de macrófita flotantes (*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*) en la reducción de la DBO del agua del canal Mochica-Moche, para ello se utilizará la prueba estadística ANOVA, ésta es una prueba estadística utilizada para la comparación de las medias de más de dos poblaciones, para lo cual se deberá introducir la variable que se desea analizar (variable dependiente) así como la variable que define los grupos objeto de comparación (factor). Si existiesen diferencias entre los grupos experimentales, se debe proseguir el análisis con la realización de los contrastes a posteriori (post hoc); la cual permitirá determinar qué medias difieren. (Rubio M. y Berlanga, V., 2012)

Asimismo se comparará la eficiencia de ambas plantas macrófitas, por lo tanto se utilizará la técnica estadística de t-Student, ésta es una prueba estadística utilizada para la comparación de las medias de dos poblaciones para lo cual se deberá introducir la variable que se desea analizar (variable dependiente) así como la variable que define los grupos objeto de comparación (factor). La contribución de esta prueba, específicamente, es para comparar dos muestras de tamaño  $\leq 30$ , para la diferencia entre las medias de las dos muestras, la cual permitirá determinar el efecto. (SANCHEZ, R. 2015)

Para ello, para ambas pruebas estadísticas se utilizará el programa SPSS, asimismo se debe comprobar estadísticamente que los datos sigan una distribución normal, para ello se empleará la prueba Shapiro-Wilk.

## **2.8. ASPECTOS ÉTICOS**

El presente proyecto de investigación se garantiza con resultados y datos reales y confiables teniendo en cuenta la ética y honestidad del investigador, asimismo, la información que se presenta en dicho estudio es auténtica y veraz, respetando la Norma ISO 690, y otras consideraciones de la Universidad César Vallejo.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Prueba INICIAL de DBO

**CUADRO 2:** Resultado de la Prueba Inicial de DBO del agua del Canal Mochica-Moche

PRUEBA INICIAL DE DBO			
Código de la Muestra	Pi1	Pi2	Pi3
Fecha de Muestreo	20/09/2017	20/09/2017	20/09/2017
Hora de Muestreo	13:50	14:00	14:05
Resultado (mg/l)	200	197	198
Promedio (mg/l)	198.3		

Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo a los resultados de los análisis de DBO que fueron entregados por el Laboratorio NKAP, los niveles se encuentran por encima de los que el ECA establece (15 mg/l) para riego de vegetales y bebida de animales, esto se debe a que la acumulación de residuos sólidos, específicamente materia orgánica, es excesiva, asimismo la cantidad de restaurantes que hay en esa zona y la falta de reparación del sistema de alcantarillado.

#### 3.2. PRUEBAS FINALES Y REMOCIÓN DE LA DBO

**CUADRO 3:** Remoción de la DBO del agua del canal Mochica, utilizando tratamiento

Tiempo (días)	Tipo de macrófitas flotantes	Condición	Concentración inicial de DBO (mg/L)	Concentración final de DBO (mg/L)				ECA-agua: Categoría III	Remoción de DBO (%)
				1 rep.	2 rep.	3 rep.	$\bar{X}$		
5 días	Pistia Stratiotes	Con Luz	198,3	115	120	117	<b>117,3</b>	15 mg/L	<b>40,8</b>
		Oscuridad		148	145	150	<b>147,7</b>		<b>25,5</b>
	Eichhornia crassipes	Con Luz		95	97	94	<b>95,3</b>		<b>51,9</b>
		Oscuridad		135	140	138	<b>137,7</b>		<b>30,6</b>
15 días	Pistia Stratiotes	Con Luz		25	23	27	<b>25,0</b>		<b>87,4</b>
		Oscuridad		28	25	30	<b>27,7</b>		<b>86,0</b>
	Eichhornia crassipes	Con Luz		18	15	17	<b>16,7</b>		<b>91,6</b>
		Oscuridad		21	22	25	<b>22,7</b>		<b>88,6</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017

**CUADRO 4:** Remoción de DBO del agua del canal Mochica, en la prueba control

Tiempo (días)	Tipo de macrófita flotantes	Condición	Concentración inicial de DBO (mg/L)	Concentración final de DBO (mg/L)	ECA-agua: Categoría III	Remoción de DBO (%)
15	Pistia Stratiotes	Con Luz	198.3	115	15 mg/L	42,01
		Oscuridad		135		31,92
	Eichhornia crassipes	Con Luz		90		54,61
		Oscuridad		120		39,49

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

El cuadro 3 y 4, muestran los resultados de los análisis realizados a los 5 y 15 días de tratamiento, en la que se determina que:

- La macrófita *Pistia stratiotes* en condición de presencia de luz, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo la DBO en un 40.8%, a los 15 días en un 87.4%, mientras que en condiciones de oscuridad, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo en un 25.5%, a los 15 días en un 86% y la prueba control (aquel recipiente que no contaba con la presencia de la macrófita *Pistia stratiotes*) en condiciones de presencia de luz redujo en un 42.01% y en condiciones de oscuridad redujo en un 31.92%.
- La macrófita *Eichhornia crassipes* en condición de presencia de luz, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo la DBO en un 51.9%, a los 15 días en un 91.6%, mientras que en condiciones de oscuridad, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo en un 30.6%, a los 15 días en un 88.6% y la prueba control (aquel recipiente que no contaba con la presencia de la macrófita *Pistia stratiotes*) en condiciones de presencia de luz redujo en un 54.61% y en condiciones de oscuridad redujo en un 39.49%.

Según teorías para el análisis estadístico de los datos, se debe comprobar estadísticamente que éstos sigan una distribución normal (Ver anexo 1), se presenta la prueba de normalidad usando el método

de Shapiro-Wilk; ya que se trabajó con una muestra menor a 50, para ello se obtuvo que los valores de la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno siguen una distribución normal con un nivel de confiabilidad del 95%.

### 3.3. EFECTO DE LA *EICHHORNIA CRASSIPES*

Para determinar estadísticamente si existe diferencias significativas en la macrófita *Eichhornia crassipes*, el tiempo de tratamiento, y la presencia o ausencia de luz, se aplicó la prueba estadístico ANOVA. Dicha prueba se presenta a continuación:

**Tabla 4:** Análisis de Varianza-ANOVA para la macrófita *Eichhornia crassipes* con presencia y ausencia de luz (oscuridad)

		MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	F	SIG.
Presencia de luz	PRIMERO	198,33	1,528	10671,476	0,000
	SEGUNDO	95,33	1,528		
	TERCERO	16,67	1,528		
Oscuridad	PRIMERO	198,33	1,528	5511,256	0,000
	SEGUNDO	137,67	2,517		
	TERCERO	22,67	2,082		

Fuente: Elaboración propia, 2017

Se observa que  $p < 0.05$ , por lo tanto se rechaza  $H_0$  y se afirma que existe diferencias significativas entre los grupos experimentales.

Se debe contrastar que medias difieren, por lo tanto se aplicó la prueba posteriori (Tukey) (Ver anexo 2 y 3); esto demuestra que existen diferencias significativas 2 a 2, es decir que existe una diferencia entre los grupos experimentales, la prueba inicial y las pruebas tomadas a los 5 y 15 días del tratamiento, tanto en presencia como en ausencia de luz (oscuridad) utilizando la macrófita *Eichhornia crassipes*.

### 3.4. EFECTO DE LA *PISTIA STRATIOTES*

Para determinar estadísticamente si existe diferencias significativas en la macrófita *Pistia stratiotes*, el tiempo de tratamiento, y la presencia o ausencia de luz, se aplicó la prueba estadístico ANOVA. Dicha prueba se presenta a continuación:



**Tabla 5:** Análisis de Varianza-ANOVA para la macrófita *Pistia stratiotes* con presencia de luz y ausencia de luz (oscuridad)

		MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	F	SIG.
Presencia de luz	PRIMERO	198,33	1,528	5344,447	0,000
	SEGUNDO	117,33	2,517		
	TERCERO	25,00	2,000		
Oscuridad	PRIMERO	198,33	1,528	513,422	0,000
	SEGUNDO	147,67	2,517		
	TERCERO	147,67	2,517		

Fuente: Elaboración propia, 2017

Se observa que  $p < 0.05$ , por lo tanto se rechaza  $H_0$  y se afirma que existe diferencias significativas entre los grupos experimentales.

Se debe contrastar que medias difieren, por lo tanto se aplicó la prueba posteriori (Tukey) (Ver anexo 4 y 5); esto demuestra que existen diferencias significativas 2 a 2, es decir que existe una diferencia entre los grupos experimentales, excepto en el segundo y tercer grupo, es decir que 5 y 15 días de tratamiento no hay diferencia significativa en condiciones de oscuridad utilizando la macrófita flotante *Pistia stratiotes*

### 3.4.1. COMPARACION DE EFICIENCIA ENTRE LAS MACROFITAS FLOTANTES

Para comparar ambas macrófitas flotantes (*Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*) y determinar la eficiencia entre una y otra, se aplicará la prueba estadística de T-Student, tal y como se muestra a continuación:

**Tabla 6:** Diferencias entre ambas macrófitas flotantes en presencia y ausencia de luz (oscuridad) a los 5 días de tratamiento

	FACTOR1	Media	Desviación estándar	t	Sig. (bilateral)
Presencia de Luz	G1	95,33	1,528	-12,944	0.000
	G2	117,33	2,517		
Oscuridad	G1	137,67	2,517	-4,867	0,008
	G2	147,67	2,517		

Fuente: Elaboración propia, 2017

La tabla 6 muestra que existe diferencia muy significativa entre la macrófita *Eichhornia crassipes* y la *Pistia stratiotes* a los 5 días de

tratamiento en presencia y ausencia de luz, asimismo se identifica que la de mayor efecto es la *Eichhornia crassipes* (G1) ya que difiere de la otra macrófita en 22 mg/L en presencia y 10 mg/L en ausencia de luz.

**Tabla 7:** Diferencias entre ambas macrófitas flotantes en presencia y ausencia de luz (oscuridad) a los 15 días de tratamiento

	FACTOR1	Media	Desviación estándar	t	Sig. (bilateral)
<b>Presencia de Luz</b>	G1	16,67	1,528	-5,735	0,000
	G2	25,00	2,000		
<b>Oscuridad</b>	G1	22,67	2,082	-6,291	0,000
	G2	27,67	2,517		

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

La tabla 7 muestra que existe diferencia muy significativa entre la macrófita *Eichhornia crassipes* y la *Pistia stratiotes* a los 15 días de tratamiento en presencia y ausencia de luz, asimismo se identifica que la de mayor efecto es la *Eichhornia crassipes* (G1) ya que difiere de la otra macrófita en 8.33 mg/L en presencia y 5 mg/L en ausencia de luz.

#### IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el cuadro 2 se muestran los resultados de los análisis de DBO que fueron entregados por el Laboratorio NKAP, estos fueron tres para mayor confiabilidad, resultando un promedio de 198.3 mg/L; los niveles se encuentran por encima de los que el ECA establece (15 mg/L) para riego de vegetales y bebida de animales, tal como se indica en el D.S. N°004-2017-MINAM; esto se debe a la acumulación excesiva de materia orgánica en los alrededores y en el interior del canal Mochica tramo Los Patos, la cual es considerada como punto crítico del distrito de Moche alterando así la calidad del agua, éste recurso es utilizado para el riego de diversos cultivos que existen en la zona y son distribuidos a toda la provincia; aquella problemática se presenta en diferentes lugares, tal y como se refiere (Lacuesta, C., Cristóbal, M. 2013) en su investigación, en la que muestra la

problemática del arroyo Miguelete-Uruguay, éste es un arroyo urbano que recibe mucha presión antropogénica, en su cuenca se encuentran variados problemas de contaminación pero el de mayor preocupación es el vertimiento de los residuos sólidos en los márgenes y el cauce, elevando los niveles de nitrógeno, fósforo y materia orgánica, estos problemas afectan la calidad del agua del arroyo, y son una amenaza para los seres vivos que conforman el ecosistema.

Para (Zarela, M. y García, T., 2012), considera que las macrófitas flotantes han logrado proporcionar un tratamiento integral en donde no solamente se remueven eficientemente material orgánico y sólidos suspendidos sino que también se logran reducir nutrientes, sales disueltas, metales pesados y patógenos. Es por ello que en la presente investigación se trabajó con macrófitas flotantes para el tratamiento de agua residual, tomando en cuenta las más estudiadas que son: *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*, esto se debe a que estas plantas acuáticas proporcionan densas raíces que son sitios propicios para la adhesión de los microorganismos degradadores de materia orgánicas.

El cuadro 3 y 4, muestran los resultados de los análisis realizados a los 5 y 15 días de tratamiento, es decir luego de haber introducido las macrófita *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, en condiciones donde la luz solar fue de manera directa y otra en condiciones de oscuridad hacia los recipientes del agua con alta concentración de DBO, procedente del Canal Mochica; tal y como muestra (Zimmels, Y., et al, 2006) en su investigación que el tiempo y la presencia de luz son variables que influyen directamente en la reducción de la DBO, es por ellos en el proceso experimental se tomaron en cuenta estas dos.

Usando la macrófita *Pistia stratiotes* en condición de presencia de luz, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo la DBO en un 40.8%, a los 15 días en un 87.4%, mientras que en condiciones de

oscuridad, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo en un 25.5%, a los 15 días en un 86%. Según la investigación de (Zimmels, Y., et al, 2006), nos indica que usando esta macrófita, redujo un 50% a los 5 días con presencia de luz y a los 11 días en un 90%.

La macrófita *Eichhornia crassipes* en condición de presencia de luz, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo la DBO en un 51.9%, a los 15 días en un 91.6%, mientras que en condiciones de oscuridad, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo en un 30.6%, a los 15 días en un 88.6%. Según la investigación de (Zimmels, Y., et al, 2006), nos indica que usando esta macrófita, redujo un 60% a los 5 días con presencia de luz y a los 11 días en un 95%. Estas diferencias o variaciones se deben a que en aquellos días la temperatura en la ciudad de Trujillo era baja.

Un punto muy importante para el análisis estadístico de los resultados consiste en verificar que los datos mantengan una distribución normal; para ello en el anexo 1, se puede visualizar la aplicación de la prueba de normalidad, debido a que el tamaño de la muestra fue menor a 50 se trabajó con la prueba de Shapiro-Wilk y se planteó las siguientes hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** Los valores de la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno siguen una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los valores de la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno no siguen una distribución normal.

Se observa que el valor de  $p > 0.05$ , por lo tanto se acepta el  $H_0$  y se afirma estadísticamente que los datos tienen una distribución normal, con un nivel de confiabilidad del 95%. Asimismo se aplicó el análisis de varianza (Ver tabla 4 y 5), para ver si existía diferencias significativas entre el tipo de macrófita flotante y el tiempo de tratamiento, estadísticamente se comprobó que sí existe diferencias muy significativas entre grupos; es por ello que se procedió a realizar un prueba estadística que es Tukey, con la finalidad de mostrar que grupos difieren, obteniendo que existe diferencia entre dos grupos;

en el primer análisis, segundo y el final que se le realizó a los tratamientos (Ver anexo 2, 3,4 y 5). Tal como lo indican (Zimmels, Y., et al, 2006) en su investigación, en la que demuestran que las macrófitas *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* y el tiempo (Desde el día 0 hasta el día 11) tienen un efecto muy significativo en la reducción de la DBO, debido a que estas plantas acuáticas poseen raíces densas y actúan como filtros de material particulado.

Para comparar la eficiencia de ambas plantas macrófitas (*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*) se aplicó la prueba estadística t-Student, estadísticamente se comprobó que la *Eichhornia crassipes* es más efectiva que la *Pistia stratiotes* en cuanto a reducción de la DBO del agua del Canal Mochica, siendo el tratamiento en presencia o en ausencia de luz, en ambas condiciones aquella macrófita resultó ser más eficiente, ya que redujo de 198.33 mg/L a 16mg/L en 15 días, un valor muy cerca a lo el ECA agua establece según el D.S N° D.S. N°004-2017-MINAM. Esto confirma la teoría que plantea (Lacuesta, C., Cristóbal, M. 2013) que afirma que la *Eichhornia crassipes* es más eficiente que la *Pistia stratiotes* en la reducción de la materia orgánica.

## V. CONCLUSIONES

- Se determinó que el tiempo, presencia de luz y el tipo de macrófita flotante tienen un efecto muy significativo en la reducción de la DBO del agua del canal Mochica-Moche.
- Se identificó la concentración inicial de la DBO del agua del canal Mochica, análisis realizados en el laboratorio acreditado NKAP, un promedio de 198.3 mg/L; los niveles se encuentran por encima de los que el ECA establece (15 mg/L) para riego de vegetales y bebida de animales.
- Se determinó que la macrófita *Pistia stratiotes* en condición de presencia de luz, a los 5 días redujo la DBO en un 40.8%, a los 15 días en un 87.4%, en condiciones de oscuridad, 25.5% y 86% respectivamente.
- Se determinó que la macrófita *Eichhornia crassipes* en condición de presencia de luz, a los 5 días redujo la DBO en un 51.9%, a los 15 días en un 91.6%, en condiciones de oscuridad, 30.6% y 88.6% respectivamente.
- Se comparó estadísticamente que la *Eichhornia crassipes* es más efectiva que la *Pistia stratiotes* en cuanto a reducción de la DBO del agua del Canal Mochica, siendo el tratamiento en presencia o en ausencia de luz, en ambas condiciones aquella macrófita resultó ser más eficiente, ya que redujo de 198.33 mg/L a 16mg/L en 15 días la DBO.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Evaluar el efecto de aquellas variables en otros parámetros, tal como DQO, nitratos, metales pesados, entre otros.
- Se debe analizar las macrófitas flotantes (*Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*) para determinar el beneficio de ciertos nutrientes; ya que son consideradas bioabsorbentes.
- Se recomienda trabajar con más indicadores en cuanto a tiempo para un análisis más exacto.
- Evaluar el efecto de otras plantas macrófitas flotantes para la reducción de aguas residuales domésticas.
- Se recomienda a los gobiernos locales y entidades privadas, realizar esfuerzos para implementar sistemas de humedales Artificiales de este tipo en las zonas rurales, considerando los factores más relevantes como las condiciones climatológicas, tipos de materiales que puedan utilizarse para el lecho filtrante. Estos esfuerzos están dirigidos a explorar el potencial de este tipo de tratamiento como alternativa viable y eficiente para el tratamiento de aguas residuales domesticas en las comunidades pequeñas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. 2016. *R.J 010-2016-ANA: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Perú
- CARRASCO, L. 2009. *Efecto de la radiación ultravioleta-b en plantas*. Idesia [online] Chile, **27** (3), pp.59-76. ISSN 0718-3429.
- CHUPAN, J. 2014. *Eficiencia de la lechuga de agua "Pistia Stratiotes" en la remoción de nutrientes de agua residual doméstica, Urbanización La Gloria, Ate-Lima*. Grin Verlag, Perú. p. 84. ISBN 9783668033436
- HIDALGO, J., [et al.]. 2005. *Recent applications of waste water by means of aquatic plants*. Chile, **14** (1), pp.17-25. ISSN 0717-196X
- LACUESTA, C., CRISTÓBAL, M. 2013. *Eficiencia de tres macrófitas en la remediación e las aguas del Arroyo Miguelete*. Club de Ciencia: Bénticos. Montevideo-Uruguay, p. 34
- LA REPUBLICA. 2017. Edición Impresa del 26 de enero de 2017. *Diez sectores de Moche están en litigio con MPT*. pp. 17-18. [Consultado 25 de mayo, 2017]. Disponible en: <http://larepublica.pe/imprensa/sociedad/843123-diez-sectores-de-moche-estan-en-litigio-con-mpt>
- MARTELO, J., LARA, J. 2012. *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte*. Universidad EAFIT. Colombia, **8** (15), pp. 221-243. ISSN 1794–9165
- MINISTERIO del Ambiente, 2017. *D.S N°004-2017-MINAM: Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación*. Perú
- OMS. 2016. *Datos: Agua*. [Consultado el 22 de mayo, 2017]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>
- RÁEZ, E., DOUROJEANNI, M. 2016. *Informe: Los principales problemas ambientales políticamente relevantes en el Perú*. [Consultado el 22 de mayo, 2017]. Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/principales-problemas-ambientales-politicamente-relevantes-peru>



- SANCHEZ, M. 1994. *Contribución al Estudio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)*. Universidad Autónoma Nuevo León, Monterrey, p. 88. ISBN 1020091184
- SANCHEZ, R. 2015. *T-Student: Usos y abusos*. Revista Mexicana de Cardiología, México. **26** (1), pp. 59-61. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/revmexcardiol>
- SAYAGO, U. 2016. *Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la Eichhornia crassipes*. Revista Colombiana de Biotecnología, Colombia. **18** (2), pp.73-80. Disponible en: DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.52271
- VERGARA, A. 1994. *Remociones de contaminantes de aguas residuales con macrofitas acuáticas*. Revista Dugandia, Colombia. **5**(1), p.32.
- VILLARROEL, J. 2012. *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales en la comunidad de Rumichaca*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú, p. 37
- YBÁÑEZ, I. 2013. Edición Impresa del 17 de Abril de 2013. *La mayor parte de lagunas y ríos de La Libertad ha sido contaminada por la minería*. Diario La República. [Consultado el 24 de mayo, 2017]. Disponible en: <http://larepublica.pe/17-04-2013/la-mayor-parte-de-lagunas-y-rios-de-la-libertad-ha-sido-contaminada-por-la-mineria>
- ZARELA, M. GARCÍA, T. 2012. *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima- Perú, p.272
- ZETINA, M., [et al]. 2009. *Estudio sobre el uso de macrofitas sumergidas para el tratamiento de agua*. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. FEMISCA, México, FEMISCA, pp.1-16
- ZIMMELS, Y., [et al]. 2006. *Application of Eichhornia crassipes and Pistia stratiotes for treatment of urban sewage in Israel*. Journal of Environmental Management **81**, pp. 420–428. Disponible en: DOI: 10.1016/j.jenvman.2005.11.014

## ANEXOS

### ANEXO 1: Prueba de Normalidad

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk (n<50)		
	Estadístico	gl	Sig.
PREDBO	0,964	3	0,637
CLE5POST	0,964	3	0,637
CLE15POST	0,964	3	0,637
OE5POST	0,987	3	0,78
OE15POST	0,923	3	0,463
CLP5POST	0,987	3	0,78
CLP15POST	1	3	1
OP5POST	0,987	3	0,78
OP15POST	0,987	3	0,78

Fuente: Elaboración propia, 2017

### ANEXO 2: Prueba Tukey, con presencia de luz utilizando *Eichhornia crassipes*

(I) FACTOR	(J) FACTOR	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
PRIMERO	SEGUNDO	103,000*	1,247	0,00	99,17	106,83
	TERCERO	181,667*	1,247	0,00	177,84	185,49
SEGUNDO	PRIMERO	-103,000*	1,247	0,00	-106,83	-99,17
	TERCERO	78,667*	1,247	0,00	74,84	82,49
TERCERO	PRIMERO	-181,667*	1,247	0,00	-185,49	-177,84
	SEGUNDO	-78,667*	1,247	0,00	-82,49	-74,84

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

### ANEXO 3: Prueba Tukey, con ausencia de luz utilizando *Eichhornia crassipes*

(I) FACTOR	(J) FACTOR	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
PRIMERO	SEGUNDO	60,667*	1,7	0.00	55,45	65,88
	TERCERO	175,667*	1,7	0.00	170,45	180,88
SEGUNDO	PRIMERO	-60,667*	1,7	0.00	-65,88	-55,45
	TERCERO	115,000*	1,7	0.00	109,78	120,22
TERCERO	PRIMERO	-175,667*	1,7	0.00	-180,88	-170,45

SEGUNDO	-115,000*	1,7	0,00	-120,22	-109,78
---------	-----------	-----	------	---------	---------

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

#### ANEXO 4: Prueba Tukey, con presencia de luz utilizando *Pistia stratiotes*

(I) FACTOR	(J) FACTOR	Diferencia de medias (I- J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
PRIMERO	SEGUNDO	81,000*	1,678	0,00	75,85	86,15
	TERCERO	173,333*	1,678	0,00	168,19	178,48
SEGUNDO	PRIMERO	-81,000*	1,678	0,00	-86,15	-75,85
	TERCERO	92,333*	1,678	0,00	87,19	97,48
TERCERO	PRIMERO	-173,333*	1,678	0,00	-178,48	-168,19
	SEGUNDO	-92,333*	1,678	0,00	-97,48	-87,19

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.


#### ANEXO 5: Prueba Tukey, con ausencia de luz utilizando *Pistia stratiotes*

(I) FACTOR	(J) FACTOR	Diferencia de medias (I- J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
PRIMERO	SEGUNDO	50,667*	1,826	0,00	45,06	56,27
	TERCERO	50,667*	1,826	0,00	45,06	56,27
SEGUNDO	PRIMERO	-50,667*	1,826	0,00	-56,27	-45,06
	TERCERO	0	1,826	1,00	-5,6	5,6
TERCERO	PRIMERO	-50,667*	1,826	0,00	-56,27	-45,06
	SEGUNDO	0	1,826	1,00	-5,6	5,6

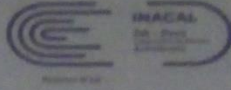
\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.



**ANEXO 7: Informe de Ensayo, resultados de los análisis-Laboratorio NKAP**



**LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POREL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO No LE 026**



**INFORME DE ENSAYO**  
T-1364-I217-MLGF

Pág. 01 de 02

CLIENTE : MAIRA LISBETH GAMBOA FLORECIN  
CALLE 20 DE JUNIO N°1398 FLORENCIA DE MORA

METODO DE ENSAYO : Químico

ITEM DE ENSAYO : Agua Superficial

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : Envase de Plástico  
Preservadas

MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente

LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN : Trujillo, 25 de septiembre de 2017  
Hora: 16:18

LUGAR Y FECHA DE EJECUCIÓN : Trujillo, 25 de septiembre de 2017

MÉTODO DE ENSAYO


Parámetro	Norma-Método	Limite de detección	Tiempo máximo de conservación recomendado/obligado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 A,B, 22nd Ed. 2012	<2.0 mg/L	48h

Sello

Fecha de emisión

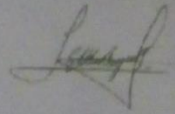
05/10/2017

Jefe Administrativo



Alexandra Aurazo Rodríguez

Jefe de Laboratorio de Química



Edder Neyra Jaica  
CIP 147028

---

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA LOS ITEM DE ENSAYO RECIBIDOS.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PERMISO DE NKAP S.R.L.

\*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

\* Las muestras serán eliminadas al termino del tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado, salvo requerimiento expreso del cliente

\* Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**INFORME DE ENSAYO**

T-1364-I217-MLGF

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio	T-1364-01	T-1364-02	T-1364-03	T-1364-04
Código del Cliente	CLE 5.1	CLE 5.2	CLE 5.3	CLP 5.1
Ítem de Ensayo	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de Muestreo	25/09/17	25/09/17	25/09/17	25/09/17
Hora de Muestreo	14:30	14:36	14:40	14:44
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l	95	97
			94	115

Código de Laboratorio	T-1364-05	T-1364-06	T-1364-07	T-1364-08
Código del Cliente	CLP 5.2	CLP 5.3	OE 5.1	OE 5.2
Ítem de Ensayo	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de Muestreo	25/09/17	25/09/17	25/09/17	25/09/17
Hora de Muestreo	14:47	14:50	15:00	15:02
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l	120	117
			135	140

Código de Laboratorio	T-1364-09	T-1364-10	T-1364-11	T-1364-12
Código del Cliente	OE 5.3	OP 5.1	OP 5.2	OP 5.3
Ítem de Ensayo	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de Muestreo	25/09/17	25/09/17	25/09/17	25/09/17
Hora de Muestreo	15:04	15:07	15:09	15:11
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l	138	148
			145	150



## ANEXO 8: Fotografías

### Acondicionamiento de los ambientes (A oscuridad y con luz)



### Codificación de los recipientes



### Toma de la muestra INICIAL



## Muestra enviada al Laboratorio NKAP



Distribución de la muestra a los recipientes y colocar en cada ambiente, adicionándole las macrófitas flotantes



Toma de Muestra a los 5 días de Tratamiento





## Toma de Muestra a los 15 días de Tratamiento

