



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSTGRADO

---

**TRATAMIENTO DE EFLUENTES PESQUEROS MEDIANTE EL USO DE**  
*Eichhornia crassipes*

---

**Tesis para optar el grado de Maestro en**  
**Ciencias en Gestión Ambiental**

**Autor:**

**Bachiller Reyes Veriau Norma Adela**

**Asesor:**

**Mg. Juan Hilarión Villarreal Olaya**

**CHIMBOTE - PERÚ 2019**



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS

Yo, Juan Hilarión Villarreal Olaya, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis de Maestría titulada: Tratamiento de efluentes pesqueros mediante el uso de *Eichhornia crassipes*, elaborada por la bachiller Norma Adela Reyes Veriau, para obtener el Grado Académico de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, febrero del 2019

Mg. JUAN HILARIÓN VILLARREAL OLAYA



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

TRATAMIENTO DE EFLUENTES PESQUEROS MEDIANTE EL USO DE *Eichhornia crassipes*

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO EN: CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:



Dr. Juan Fernando Merino Moya

PRESIDENTE



M.Sc. Miriah Noemí Velásquez Guarniz

SECRETARIA



M.Sc. Juan Hilarión Villarreal Olaya

VOCAL

## DEDICATORIA

A Julia Veriau Sánchez, mi madre  
que es estímulo constante en mis  
decisiones, símbolo de perseverancia  
e incontrolables deseos de  
Superación.

A mi padre Sindulfo Reyes Valverde  
por su tierno e inocultable amor.

A mi amado esposo Luis Arellano  
Correa, mis hijos Felipe y Elizabeth: por  
su paciencia y a toda mi gran familia por  
su incondicional apoyo y comprensión  
en el desarrollo de este trabajo de  
investigación.

Le agradezco a Dios por acompañarme  
y guiarme a lo largo de este tramo, por  
ser mi fortaleza en los momentos de  
debilidad, por brindarme una vida llena  
de aprendizajes, experiencias, que  
finalmente terminan en sentimientos de  
satisfacción al concluir una  
investigación

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento eterno a la fuerza invisible que se hizo palpable en cada gestión para culminar el trabajo experimental en la escuela de Gestión Ambiental; fuerza que según mi fe es de Dios.

Agradezco a Dios por encontrar personas que durante este proceso me ofrecieron su apoyo incondicional entre ellos Ing. Judyth Quezada Risco.

Agradezco a mi asesor el Mg Juan H. Villarreal Olaya por haberme brindado la oportunidad de aceptar apoyarme en la culminación de mi tesis. Reconozco los desafíos de sus quehaceres diarios, teniendo como limitante el tiempo; por ello su ayuda en este trabajo experimental resulta invaluable.

Al Dr. Walter Reyes Avalos por sus valiosas enseñanzas y dedicación incondicional, por brindarme tiempo en el diseño y elaboración de mi tesis. Por su servicio desprendido, y sus conocimientos científicos que los comparte sin mezquindad; Gracias.

## INDICE

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación .....	15
1.2. Antecedentes de la investigación.....	23
1.3. Formulación del problema de investigación .....	31
1.4. Delimitación del estudio.....	31
1.5. Justificación o importancia de la investigación .....	32
1.6. Objetivos de la investigación: General y específicos .....	34

### CAPITULO II

#### MARCO TEORICO

2.1. Fundamentos teóricos de la investigación .....	35
2.2. Marco conceptual .....	51

### CAPITULO III

#### MARCO METODOLOGICO

3.1. Hipótesis central de la investigación .....	56
3.2. Variables e indicadores de la Investigación .....	56
3.3. Métodos de la investigación .....	57
3.4. Diseño de la investigación .....	57
3.5. Método de análisis.....	57
3.6. Población y muestra .....	58
3.7. Análisis físicos y químicos.....	58
3.8. Actividades del proceso investigativo.....	58
3.9. Técnicas e instrumentos de la investigación.....	61
3.10. Procedimiento para la recolección de datos.....	62
3.11. Análisis estadísticos .....	63

### CAPITULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. RESULTADOS .....	64
4.1.1. Análisis de campo, fisicoquímicos y microbiológicos del efluente pesquero .....	64
4.1.2. Efecto de <i>Eichhornia crassipes</i> en la reducción de compuestos nitrogenados presentes en efluentes pesqueros .....	65
4.1.3. Efecto de <i>Eichhornia crassipes</i> en la reducción de compuestos sulfurados presentes en efluentes pesqueros. ....	67
4.1.4. Efecto de <i>Eichhornia crassipes</i> a en la reducción de compuestos fosfatados presentes en efluentes pesqueros.. ....	68
4.1.5. Estadística de los compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados.....	69
4.2. DISCUSION.....	72

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES .....	77
5.2. RECOMENDACIONES .....	78

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	79
---------------------------------	----

### ANEXOS

ANEXOS 1. MUESTREO DE EFLUENTES EN EL ESTABLECIMIENTO PESQUERO.....	95
---------------------------------------------------------------------	----

Figura 7. Toma de muestra en la planta conservera.....	95
--------------------------------------------------------	----

Figura 8. Tamizado de la muestra .....	95
----------------------------------------	----

### ANEXO 2. RECOLECCIÓN DE LAS

MUESTRAS.....	95
---------------	----

Figura 9. Toma de muestra para los análisis de nitritos .....	95
---------------------------------------------------------------	----

Figura 10. Toma de muestra para los análisis de nitratos.....	95
---------------------------------------------------------------	----

### ANEXO 3. TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS A DIFERENTES

CONCENTRACIONES DE EFLUENTES PESQUEROS.....	96
---------------------------------------------	----

Figura 11. Muestra de recipientes con agua de caño para tratamiento al 20%(T1).....	96
-------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 12. Preparación de dilución del tratamiento al 20%(T1) .....	96
---------------------------------------------------------------------	----

Figura 13. Selección de la planta <i>Eichhornia crassipes</i> .....	96
---------------------------------------------------------------------	----

Figura 14. Tratamiento al 20% (T1) con la planta <i>Eichhornia crassipes</i> .....	96
------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 15. Tratamiento al 40% (T2) con la planta <i>Eichhornia crassipes</i> .....	96
------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 16. Tratamiento al 60% (T3) con la planta <i>Eichhornia crassipes</i> .....	96
------------------------------------------------------------------------------------	----

### ANEXO 4. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE EFLUENTES PESQUEROS.....	97
----------------------------------------------------------	----

Figura 17. Tratamiento al 20%(T1) con la planta <i>Eichhornia crassipes</i> .....	97
-----------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 18. Tratamiento al 40%(T2) con la planta <i>Eichhornia crassipes</i> .....	97
-----------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 19. Tratamiento al 60%(T3) con la planta <i>Eichhornia crassipes</i> .....	97
-----------------------------------------------------------------------------------	----

ANEXO 5. INFORME DE ENSAYO.....	98
---------------------------------	----

## Lista de tablas

Tabla 1. Conservación del Ambiente Acuático (Categoría 4) .....	42
Tabla 2. Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de la industria de harina y aceite de pescado, D. S. N° 010-2008-Produce .....	43
Tabla 3. LMP para ambientes acuáticos según categorías especificadas por MINAM (2017) .....	46
Tabla 4. Variables e indicadores de la investigación .....	56
Tabla 5. Distribución de los componentes utilizados en el cultivo de <i>Eichhornia crassipes</i> con diferentes diluciones de aguas de efluentes tratadas. ....	59
Tabla 6. Matriz de consistencia.....	60
Tabla 7. Análisis de campo, fisicoquímicos, microbiológicos en muestra de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60% .....	64
Tabla 8. Análisis de Nitritos en muestras de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.....	65
Tabla 9. Análisis de Nitratos en muestras de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.....	66
Tabla 10. Análisis de Sulfuros en muestras de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.....	67
Tabla 11. Análisis de Fosfatos en muestras de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.....	68
Tabla 12. Estadísticos descriptivos de los tratamientos .....	69
Tabla 13. Pruebas ANOVA para comparar los promedios de los tratamientos.....	70
Tabla 14. Prueba de comparación de promedios de tratamientos de Duncan para los Nitritos .....	71
Tabla 15. Prueba de comparación de promedios de tratamientos de Duncan para los Nitratos .....	71
Tabla 16. Prueba de comparación de promedios de tratamientos de Duncan para los Fosfatos .....	71



## Lista de figuras

Figura 1. Mapa google. 2018.....	31
Figura 2. Enfoque piramidal para el manejo de efluentes.....	37
Figura 3. Variación del nitrito en efluentes pesqueros, diluidas al 20%, 40%, 60% en 5 semanas.....	65
Figura 4. Tasa de remoción de nitritos de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.....	65
Figura 5. Variación del nitrato en efluentes pesqueros, diluidas al 20%, 40%, 60% en 5 semanas.....	66
Figura 6. Tasa de remoción de nitratos de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.....	66
Figura 7. Variación de sulfuros en efluentes pesqueros, diluidas al 20%, 40%, 60% en 5 semanas.....	67
Figura 8. Variación de fosfatos en efluentes pesqueros, diluidas al 20%, 40%, 60% en 5 semanas.....	68
Figura 9. Tasa de remoción de fosfatos de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.....	68

## RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados de los efluentes pesqueros a diferentes concentraciones. Se trabajó con cuatro tratamientos experimentales, un tratamiento control y tres repeticiones por tratamiento con la planta *Eichhornia crassipes*; a lo que se seleccionó tres *E. crassipes* por tratamiento durante cinco semanas; los cuales fueron diluidos: Tratamiento 1: 20 %, Tratamiento 2: 40% y Tratamiento 3: 60%

En cuanto a los compuestos nitritos se observa que disminuyen en los tratamientos T1, T2 y T3; sin embargo, en el T1 se obtuvo un mejor resultado de 0.0045 ppm hasta 0.001 ppm y una tasa de remoción de 33.33%, mientras que en el control 13.33%

En lo que se refiere a los nitratos disminuyen en los tratamientos T1, T2 y T3; sin embargo, en el T3 se obtuvo un mejor resultado de 1.400 ppm hasta 1.200 ppm y una tasa de remoción de 14.29 %, mientras que en el control 4.79 %.

En cuanto a los sulfuros no varían, no hay disminución en ninguno de los tratamientos, por lo tanto, no se observa tasa de remoción.

En el resultado de los compuestos fosfatados se observa baja, la disminución en los tratamientos T1, T2 y T3; sin embargo, el T3 se obtuvo un mejor resultado de 0.0100 ppm hasta 0.00955 ppm y una tasa de remoción de 4.50 %, y en el control 2.0 %.

**Palabras clave:** Gestión ambiental, efluente pesquero, planta *Eichhornia crassipes*., nutrientes.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of *Eichhornia crassipes* in the treatment of nitrogen, sulfur and phosphate compounds of the fishing effluents at different concentrations. We worked with four experimental treatments, a control treatment and three repetitions by treatment with the *Eichhornia crassipes* plant; to which three *E. crassipes* were selected per treatment for five weeks; which were diluted: Treatment 1: 20%, Treatment 2: 40% and Treatment 3: 60%

As for the nitrite compounds, it is observed that they decrease in the T1, T2 and T3 treatments; however, in T1 a better result of 0.0045 ppm up to 0.001 ppm and a removal rate of 33.33% was obtained, while in the control 13.33%

With regard to nitrates, they decrease in the treatments T1, T2 and T3; however, in T3 a better result of 1,400 ppm up to 1,200 ppm and a removal rate of 14.29% was obtained, while in the control 4.79%.

As for sulfides do not vary, there is no decrease in any of the treatments, therefore, no removal rate is observed.

In the result of the phosphatic compounds low, the decrease in the treatments T1, T2 and T3 is observed; however, T3 obtained a better result of 0.0100 ppm up to 0.00955 ppm and a removal rate of 4.50%, and in the control 2.0%.

**Keywords:** Environmental management, fishing effluent, *Eichhornia crassipes* plant, nutrients.

## INTRODUCCION

En América, las diferencias que resaltan en los aspectos socioeconómicos, ambientales y tecnológicos disminuyen el acceso a sistemas o instalaciones mínimas, adecuadas para la purificación de los efluentes residuales, principalmente, en las zonas rurales (Montoya et al. 2010).

Los efluentes pesqueros es una problemática ambiental que ocasiona daño a la salud de las personas (Miranda *et al.*, 1996) ya que abarca altas concentraciones de contaminantes, como son: sólidos (solución y suspensión), aceites, grasas, metales, compuestos oxidables, materia orgánica, bacterias y virus entre otros (Kelly, 2002). Las aguas de desecho industrial están formadas por un 99% de agua y un 1% de sólidos en suspensión y solución (orgánicos e inorgánicos) (Duncan *et al.*, 1990).

La contaminación de las aguas es generada como resultado de la descarga directa o pre tratada de efluentes residuales, producto de actividades industriales y el aumento poblacional (Salgado et al. 2012). Esta etapa al mezclarse con cuerpos, los receptores ocasionan un aumento en las concentraciones de materia orgánica, nutrimentos, compuestos tóxicos y microorganismos indeseables (Luna & Ramírez, 2004).

El aumento de la evacuación de efluentes pesqueros es inevitable a nivel nacional, y más aún en la ciudad de Chimbote, donde se centra la mayor parte de empresas pesqueras. Existen 39 plantas pesqueras, dedicadas a la elaboración de conservas, cuyos efluentes son tratados antes de enviar al mar, aun así existe el riesgo de contaminar, por ello el MINAM creó el “Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad del ambiental mediante Resolución Ministerial N° 331-2016, en ejercicio de contribuir a la elaboración del Plan de ECA y LMP, estableció en su informe de Resultados el listado de aquellos LMP que serían aprobados en el periodo 2017 – 2020. Seguido a este Grupo. En una línea de verificación, se crea la Acción Estratégica 1.2 del Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA) para el

periodo 2011-2021 que consiste en garantizar el monitoreo de efluentes de su evacuación al cuerpo marino (MINAM, 2018). Lo que demuestra preocupación y extiende la invitación a buscar alternativas mitigadoras que permitan mejorar o mantener la calidad de los efluentes.

El procedimiento del cuidado de las aguas residuales es un tema importante a nivel mundial, porque es vital contar con agua de calidad y en cantidad eficiente, lo que lograra garantizar una mejora del ambiente, la salud y la calidad de vida. lo cual crea la necesidad de desarrollar tecnologías para su depuración. (Romero ,2009).

En el mundo, se han aplicado muchas metodologías con el propósito de obtener agua exenta de contaminación en efluentes agrícolas, industriales y urbanos, siendo la filtración biológica el mejor método natural, utilizando para ello bacterias reductoras de sedimentos, micro y macro-algas, plantas superiores como la “lenteja de agua”, “totora”, “Jacinto de agua”, etc., que tienen facultad de incorporar a sus células mediante absorción gases contaminantes y nutrientes del agua.

Los tratamientos con vegetales flotantes emplean un revestimiento de vegetales, como la *Eichhornia crassipes*, cuya particularidad principal es la hiperacumulación de constituyentes tóxicas (Peña et al. 2013).

La planta acuática *Eichhornia crassipes* es una alternativa para mejorar la calidad del efluente industrial utilizando para ello bacterias reductoras presentes en sus raíces, Jacinto de agua, (nombre común) tiene la facultad de incorporar a sus células mediante absorción de gases y nutrientes del agua (Saldarriaga &. Malca, 2005).

Hoy en día, los tratamientos apoyados en el uso de plantas acuáticas (Romero et al. 2009; Rodríguez et al. 2010; Correa et al. 2015) emergen como una alternativa factible, con mínimos costos de operación y simplicidad en el empleo de la tecnología.

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación**

##### **1.1.1. Realidad genérica del problema**

Respecto al problema de estudiar las fuentes de aguas, incluye no solamente en determinar sus estado natural, distribución territorial y fluctuaciones en el tiempo, sino también el cambio debido a las actividades económicas humanas (Gleick, 1993). Aproximadamente un tercio de la población mundial vive en países que sufren de escasez de agua entre mesurado y elevado, en el que el consumo de agua es mayor del 10% de los recursos renovables de agua dulce. Para 2020, se prevé el uso de agua se incrementará en un 40% y será necesario un 17% adicional de agua para la producción de alimentos (Concejo Mundial del Agua, 2000). Al respecto la ONU (1999), indica que los problemas del agua pueden ser tan graves, como los que se refieren a hacer uso de ella; entre ellos es la fuente de contaminación por aguas residuales domésticas e industriales, fugas y vertidos químicos no tratados, derrame de petróleo, descarga de residuos sólidos.

La eutrofización de humedales, la contaminación del agua con desechos industriales y humanos en muchos ríos y ecosistemas de agua dulce han sufrido impactos conllevando a perder o deteriorar la mitad aproximadamente de las áreas húmedas; reportando problemas en la reproducción y muerte de varias especies, en particular a los más altos niveles de la cadena alimentaria (Dugan & Jones, 1993).

Chimbote, uno de los principales puertos pesqueros del Perú o el más grande puerto pesquero del Perú y de Sud América, inicia sus actividades de pesca desde los años 1950 con la elaboración de harina y aceite de especies hidrobiológicos; teniendo centros con mayor movimiento de la industria pesquera.

Existen empresas que eliminan efluentes pesqueros sin ninguna etapa de tratamiento, y es un riesgo alarmante debido a que estos efluentes contienen una alta capacidad de eliminación de materia orgánica. (Marín, 2015).

Esta bahía está caracterizada por un intenso tráfico de buques, una amplia distribución de plataformas (conocidas como 'chatas') conectadas a las plantas pesqueras a través de tuberías submarinas para la descarga de los buques pesqueros, y plantas de producción de harina y conservas de pescado.

La contaminación ambiental en Chimbote ha sido consecuencia del aumento de empresas pesqueras instaladas en desorden, añadiendo los problemas de una población en constante aumento sin ninguna proyección; por ello el estudio realizado por el Instituto de Mar del Perú la clasifica como uno de los más graves considerando el enfoque de la contaminación marina. (IMARPE, 2007).

### **1.1.2. Características de la realidad específica**

Uno de los desafíos del Perú es mantener su crecimiento económico sostenible, desarrollando reflexión pública y disposición institucional indispensables para garantizar que en el futuro las condiciones ambientales sean tratadas eficazmente, la condición prioritaria que enfrenta el Perú es la contaminación del agua, una dificultad que se alarga y profundiza ocasionado por las empresas industriales, prioritariamente mineras, de harina de especies hidrobiológicas y energéticas, aguas residuales domésticas sin ningún procedimiento aplicado y fuentes indiscriminadas (agroquímicas y escurrimientos urbanos) (FAO/Banco Mundial, 2000).

Las fuentes de contaminación del agua son originadas de la industria, de las aguas residuales domésticas sin tratamiento, y de fuentes no puntuales incluyendo escurrimientos de origen agrícola y urbano, sin embargo, la escasez de datos impide contar el grado y la severidad del problema (Huber, et al., 1998).

El hábitat se ve comprometido negativamente por los residuos líquidos que evacúan las fábricas pesqueras, causando impacto ambiental como la impermeabilización de la superficie del mar impidiendo con ello la difusión de la luz solar en el cuerpo marino, por su elevado contenido de materia orgánica, inorgánica, sólidos suspendidos y metales pesados, lo que es dañino para la productividad; la desoxigenación del cuerpo receptor, con la pérdida de la biodiversidad debido al alto volumen de nutrientes y materia orgánica; y alteraciones geomorfológicas del litoral y fondo por la sedimentación de partículas con la consecuente desaparición de la vida y modificación del sistema. (DIGESA, 2003).

Asimismo, Madalengoitia (2011) determina sobre los residuos líquidos de la empresa pesquera que causan impacto ambiental en las características físico – químicas del agua de mar, donde los límites de oxígeno, sólidos suspendidos totales y aceites y grasas a nivel de superficie y fondo, incumple con el límite establecido en la legislación de Gestión Ambiental en los meses de pesca (abril, mayo y junio), y los residuos orgánicos en el efluente como:



Escamas, sanguaza, grasas, aceite y combustibles disueltos en el mismo generan desorden en las características físicas (pH, temperatura), químicas (nitritos, nitratos, sulfuros, fosfatos, etc.), y biológicas (fitoplancton, zooplancton).

El Ministerio de Pesquería desde 1998 ha mostrado su interés en renovar sus leyes ambientales, publicando su reglamento General para la Protección Ambiental en las Actividades Pesqueras.

La contaminación del agua y del aire era un problema, especialmente en Paracas (Ica), Chimbote (Ancash), Paita (Piura) y otros puertos Junge, (1959). En Pisco a través de un Decreto Supremo N° 012-2001 – PE se estableció el Plan Ambiental Complementario Pesquero para la bahía Paracas, PRODUCE (2001), luego la ciudad de Chimbote mediante Decreto Supremo N° 020-2007- Produce se establece el Plan Ambiental Complementario Pesquero (PACPE). Proyecto que ahora mediante Resolución Directoral N° 095 – 2010 – Produce/DIGAAP, (S.G.S, 2012).

Aun habiendo implementado un tratamiento de efluentes; en un propósito más allá del cumplimiento, la empresa busca una continua mejora: Artículo 3 R.D N° 061 -2016- Produce, en donde indica que los dueños de las licencias de operación de las empresas pesqueras de consumo humano directo e indirecto deben implementar sistemas de tratamiento físicos, químico, biológico u otros complementarios. (Produce ,2016).

De las 45 empresas existentes, 39 están asociadas a APROFERROL S.A. y han implementado su tratamiento de efluentes según su Plan Complementario Pesquero (PACPE); existen aún empresas conserveras que no tratan sus efluentes, así como también hay empresas dedicadas al corte primario que no cuentan con ningún sistema de tratamiento, para las cuales este trabajo representa una alternativa.

Es preocupante que se elimine efluentes pesqueros sin ninguna etapa de tratamiento dado a su elevada eliminación de materia orgánica (Marín 20015).

Por ello el estado peruano a través del Decreto Supremo N° 009-2017 aprueba el Decreto Legislativo N° 1284 mediante él se ha creado un Fondo con el fin de subvencionar programas, proyectos y/o actividades direccionados a cerrar espacios de cobertura de agua, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales a nivel nacional (El peruano, 2016).

En el litoral peruano se ha fomentado el progreso industrial pesquero, hacia la producción de harina y aceite de especies hidrobiológicas, representando a uno de los sectores más sobresalientes de la economía del Perú. Los efluentes generados por las embarcaciones bolicheras y los vertimientos de las plantas de corte primario producen numerosos residuos orgánicos que ocasionan muertes de las especies pesqueros y maricultura. (Álvarez y Medina, 2010).

La composición de las aguas residuales industriales según reporte de SGS (2018) , es posible que comprendan una gama de contaminantes, entre los que resaltan: Orgánicos solubles cuyo efecto es agotar el oxígeno, sólidos suspendidos que agotan el oxígeno disuelto y emanan gases, orgánicos trazas cuya presencia elevada genera mal olor ,sabor y toxicidad, metales pesados , son tóxicos, turbiedad y color afecta la estética de las aguas costeras y es un indicador de contaminación, nutrientes (Fosforo, Nitrógeno) realizan eutrofización, sustancia refractarias son resistentes a la biodegradación y son tóxicos, los aceites flotantes, sin significancia en la mayoría de los casos, sustancias volátiles su presencia elevada termina por contaminar el aire H<sub>2</sub>S y otros. (SGS, 2018).

La remoción biológica es quizá el camino más importante para la remoción de contaminantes en los cuerpos de aguas residuales. Extensamente reconocido para la remoción de contaminantes en aguas industriales es la captación estos por los vegetales flotantes. Los contaminantes que son también aspectos de alimentos esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato, son absorbidos con facilidad por los vegetales. La velocidad de remoción de contaminante por las plantas varía extensamente, dependiendo de la velocidad de crecimiento de la planta y de la concentración del contaminante en tejido del vegetal. Las bacterias y otros microorganismos también proveen, captan y almacenan alimentos (Llagas y Guadalupe, 2006).

Tratamiento biológico Según León y Lucero (2009), se basa en la formación de una corriente monitoreada de efluente industrial, en el que la actividad microbiológica y vegetales acuáticas actúan asociadas, en el proceso de purificación de las aguas disminuyendo los contaminantes. El tratamiento biológico incluye tres tipos: Lagunajes, humedales y cultivos acuáticos (Sistema de plantas acuáticas flotantes)

Los tratamientos de vegetales flotantes son una modificación de los humedales artificiales en el que el agua está en contacto con la atmosfera y forma la fuente primordial de oxígeno para aireación; en la que ingresa un cultivo de vegetales acuáticas flotantes como *Eichhornia crassipes*, cuya finalidad es la evacuación de determinados componentes de las aguas a través de sus raíces que constituyen un buen sustrato responsable del tratamiento.

Uno de los inconvenientes que presenta este tipo de tratamientos es la proliferación de larvas e insectos León y Lucero, (2009). Para aumentar el tratamiento y aseverar el mantenimiento de las condiciones aerobias vital para el control biológico de los mosquitos, en los sistemas de plantas acuáticas flotantes se han empleado sistemas complementarios de aireación (León y Lucero, 2009).

Los microbios proporcionan una suma cuantificable de contaminante extraído y guardado en sus procesos metabólicos, que desempeñan el papel más significativo en la remoción de compuestos orgánicos. Los desechos microbiológicos, en este caso de las bacterias que se desarrollan en las raíces de las plantas flotantes, utilizan el nitrógeno (N) de la materia orgánica como fuente de energía, convirtiéndola a gases de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Esto proporciona un mecanismo biológico significativo para la remoción de una gama de compuestos orgánicos, incluyendo éstos encontrados en aguas residuales municipales, aguas residuales de procesamiento de alimentos. La eficiencia y la velocidad de descomposición orgánica de por los microbios es altamente cambiante para los diversos tipos de compuestos orgánicos. (Benefield, L.D. and C.W. Randall, 1980).

La volatilización del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) da lugar a la remoción significativa de nitrógeno, si el pH del agua es elevado (mayor que 8,5). Por tanto, a pH más bajo de 8,5, el nitrógeno del amoníaco existe casi único en forma ionizada (amonio,  $\text{NH}_4^+$ ), que no es volátil. Muchos modelos de mezclas orgánicas son volátiles, y disminuyen rápidamente en la atmósfera desde los humedales y de otras aguas superficiales. (Benefield, L.D. & C.W. Randall, 1980)

Alvarado (1992), indica que *Eichhornia crassipes* es efectiva en la eliminación de algas, bacterias coliformes fecales y en la remoción de nutrientes como nitratos y fosfatos. Wheaton (1993), señala que al iniciar un filtro biológico la población de bacterias nitrificadoras es baja o, aún más ausente, por lo tanto, la introducción de peces en el sistema de cultivo dará como resultado un incremento rápido en amoníaco. Luego una disminución en este gas generalmente señala el establecimiento de una población saludable de Nitrosomonas, las cuales convierten el amoníaco en nitrito y ocasionan un aumento en su concentración hasta que alcanza un máximo y empieza a disminuir al irse estableciendo la población de Nitrobacter y convertir el nitrito a nitrato. Estas reacciones de nitrificación producen iones hidrógenos por lo tanto el pH tiende a disminuir. Indica que el amoníaco está disponible en las formas  $\text{NH}_4^+$  (amonio

ionizado) y  $\text{NH}_3$  (amoníaco) en cualquier sistema acuático debido a la reacción de equilibrio entre estas dos formas en el agua. Amoníaco es tóxico para la mayoría de organismos acuáticos a concentraciones menores de 1 ppm. Este equilibrio está en función del pH, por lo tanto, a pH menor de 7 existe poco amoníaco y el riesgo de toxicidad está limitado. A valores mayores la toxicidad es un problema mayor. Se debe hacer notar que los sistemas de cultivo en agua salada tienden a operar con pH de 7,5 a 8,3, mientras que los sistemas de agua dulce operan en el rango de 6,5 a 7,8. Walstad (1999), halló que los establecimientos pesqueros podrían usar así como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) o nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) como origen de nitrógeno. Las plantas, algas y todos los microorganismos fotosintéticos, usan el nitrógeno originado del amoníaco, no de los nitratos, para elaborar sus proteínas. La planta absorbe nitratos, estos deben ser cambiados en amonio mediante una marcha conocida como “reducción de nitratos” que absorbe energía. Con esta razón se considera que si las bacterias nitrificantes en el filtro biológico, transforman todo el amonio utilizable a nitratos, los vegetales son obligados, con una elevada inversión de energía, a revertir todos los nitratos a amonio para aprovecharlo. Puede ser la explicación, por qué muchas vegetales acuáticas como *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*, etc. se desarrollan satisfactoriamente en presencia de amonio o de una mezcla de amonio y nitratos, que cuando son forzadas a crecer específicamente con nitratos (Saldarriaga, 2005).

## 1.2. Antecedentes de la investigación

La técnica de fitorremediación se caracteriza por ser una práctica de limpieza pasiva y estéticamente agradable que aprovechan la capacidad de las plantas y la energía solar para el tratamiento de una gran variedad de contaminantes del medio ambiente (EPA, 1996). En esta técnica los vegetales acuáticos actúan como trampas o filtros biológicos que descomponen los contaminantes y estabilizan las sustancias metálicas presentes en el suelo y agua al fijarlos en sus raíces y tallos, o metabolizándolos tal como lo hacen los microorganismos para finalmente convertirlos en compuestos menos peligrosos y más estables, como dióxido de carbono, agua y sales minerales (Peña, 2001).

La especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) es empleada en sistemas de purificación biológica o fitorremediación para mejorar la calidad del agua debido a su capacidad de biorretención. Se ha encontrado que estas plantas han sido aplicadas como filtros biológicos para remover impurezas en aguas contaminadas basándose en el proceso de bioadsorción. Se utilizan especialmente para remover metales pesados, sólidos suspendidos y colorantes, convirtiéndolas en una buena alternativa desde el punto de vista ecológico y económico para la descontaminación de aguas (Benítez, 2011).

Las hidrofitas son utilizadas en el tratamiento de aguas residuales porque tienen la capacidad de bioacumular nutrientes. El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales es un proceso por el cual los nutrientes ingresan a las plantas debido a que su fuente de alimentación son los nitratos, amonio, fosfatos y otros elementos para crecer, entonces tiene el efecto de eliminación de estos elementos de la fase acuosa, además varios organismos en el entorno de las plantas acuáticas, incluyendo algas y bacterias, también asimilan estos nutrientes (Ramírez & Viña, 1998).

Del mismo modo Martelo & Lara (2012) consideraron que existe un amplio espectro de aplicaciones encontradas en la literatura que hacen referencia a las macrofitas flotantes como sistemas naturales para el tratamiento de aguas residuales; demostrando eficiencias de remoción significativamente altas en todos los constituyentes de las aguas residuales, siendo el jacinto de agua la especie de mayor uso y los criterios de diseño empleados en sistemas con macrofitas flotantes difieren dependiendo de qué modelo pueda ser empleado; sistema con especies flotantes; filtro de macrofitas en flotación; o humedales de tratamiento flotante con macrofitas emergentes. Los retiros periódicos de las plantas son un requerimiento necesario para optimizar la eficiencia de remoción, que puede convertirse en una limitación para el proceso, si no se tiene una disposición adecuada de la cosecha. Las perspectivas para el desarrollo de esta técnica, plantean que se requiere orientar esfuerzos científicos para entender y potenciar los mecanismos de depuración de estas especies.

La utilización de *Eichhornia crassipes* en la remoción de gases contaminantes en el cultivo de *Penaeus vannamei* en agua dulce, es posible según Saldarriaga (2005), utilizo a *Eichhornia crassipes* a fin de determinar su eficiencia y estimar la mejor densidad para la remoción por un periodo de 75 días. La temperatura promedio fue de 26, 72° C, el oxígeno disuelto varió entre 2,79 ppm a 5,92 ppm, La mejor densidad de *E. crassipes* para la remoción de gases contaminantes fue 4 *E. crassipes*/m<sup>2</sup>, con pH promedio de 7,29 y la siguiente eficiencia de remoción máxima: amoníaco, 93,94 %; nitrito, 67,33 %; ácido sulfhídrico, 97,14 %; nitrato, 46,35 %; fosfato, 12,58 %. El autor indica que es posible utilizar *E. crassipes* en el cultivo de *P. vannamei* en agua dulce controlando su propagación y la corriente de agua en el estanque; recomienda repetir esta investigación en estanques comerciales, controlando la propagación de *E. crassipes*, para que pueda haber generación de corriente de agua por el viento, tal que la planta pueda crecer robustamente y la eficiencia de remoción de gases contaminantes se incremente.

El tratamiento de aguas residuales domésticas es una necesidad urgente, debido a los problemas de contaminación que producen si son vertidas directamente en fuentes de agua natural. Este trabajo presenta el comportamiento de tres especies de plantas acuáticas flotantes (*Eichhornia crassipes*, *Lemna gibba* y *Azolla filiculoides*) utilizadas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, a nivel de sistemas unifamiliares y comunitarios. En los análisis de las aguas tratadas se determinó que de los cuatro tratamientos el de mayor capacidad en remoción de contaminantes (DBO, DQO, Nitritos y Nitratos; Sólidos, Fósforo total y fosfatos), fue *Eichhornia crassipes* con niveles de hasta el 98%; para los parámetros microbiológicos *Escherichia coli* y Coliformes totales el mejor tratamiento fue *Lemna gibba* que removió entre el 96% y 98,5%; *Azolla filiculoides* resultó eficiente como tratamiento terciario y finalmente se ubicó la asociación. % (León & Lucero 2009).

Así, Romero & Ortiz (2011), determina que las concentraciones altas de contaminantes que presenta el agua residual de rastro, ésta debe ser tratada con reactores anaerobios, que se encargan de la degradación de materia orgánica, concentración de sólidos y grasas principalmente, pero los nutrientes no los remueve totalmente, por eso surge la necesidad de utilizar un tratamiento terciario el cual remueva N y P de este efluente. Dado que las hidrófitas son capaces de absorber estos nutrientes se probaron *Eichhornia crassipes*, *Lemna gibba* y *Myriophyllum aquaticum*. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de remoción de amonio, ortofosfatos y nitritos por *Eichhornia crassipes*, *Lemna gibba* y *Myriophyllum aquaticum* de agua de rastro previamente tratada con sistemas anaerobios en serie. Los resultados obtenidos demostraron que la mejor hidrófita para remover nutrientes del agua tratada fue *Myriophyllum aquaticum* en de remoción sobre todo en ortofosfatos y nitratos mientras que *Lemna gibba* para nitratos, con respecto al amonio, las tres especies fueron eficientes en la absorción.



Durante un periodo de 15 días, fue de 98% con *Lemna gibba* y de 98% con *Eichhornia crassipes* y de 100% con *Myriophyllum aquaticum*. La remoción de ortofosfatos del efluente del reactor 2, solamente se dio con *Myriophyllum aquaticum*, presentando así una remoción del 63%, ya que *Eichhornia crassipes* y *Lemna gibba* presentaron 0% de remoción. Los nitratos del efluente del reactor 2 sólo fueron removidos con *Myriophyllum aquaticum* y *Lemna gibba* en comparación con *Eichhornia crassipes* que no presentó remoción, aun así, la mayor remoción para nitratos fue con *Myriophyllum aquaticum* con un 82%. Estos resultados no concuerdan con los de Pedraza (1994), quien reporta que *Eichhornia crassipes* y *Lemna sp* removieron nitratos en un 70% y 99% y fósforo en un 39.5% y 93.3%.

Campanella (2005) realizó un estudio para la remoción de amonio, nitratos y fósforo utilizando *Eichhornia crassipes* obteniendo 50% de amonio, de fósforo obtuvo 89% y de nitratos 50% de remoción en un humedal artificial. Núñez (2007) utilizando *Lemna sp* para la remoción de nitratos obtuvo un 18% de remoción.

Ciertas plantas han demostrado la capacidad de absorber, concentrar y transformar metales pesados en concentraciones que pueden ser perjudiciales para ciertas especies, a través de su sistema radicular y se conocen como plantas hiperacumuladoras. El buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) absorbe directamente los nutrientes del agua, lo que lo convierte en un excelente purificador de aguas residuales.

Se ha demostrado que el sistema de raíces asociado con microorganismos favorece la acción de bioacumulación de metales, reteniendo cadmio, cromo y arsénico en tejidos, mediante acomplejamiento de aminoácidos presentes en la célula con el metal pesado, previa absorción a través de las raíces.

Por otro lado, Benítez (2011), evaluó las tasas de acumulación de Cromo en *E. crassipes*, a concentraciones de 30, 60 y 90 mg/L determinando que en medio de 90 mg/L de cromo se acumula hasta 67,3 mg de Cr /g de biomasa seca en 24 horas, siendo la raíz donde ocurre la mayor acumulación.

En el estudio de mejorar la calidad del efluente de CITRAR (Lima –Perú), planta de tratamiento de aguas residuales utilizando macrófitos o plantas acuáticas. En la primera fase que consiste en analizar el efecto depurador de las plantas *Azolla filiculoides*, *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes*, además se trabajó con un control (sin plantas). En este estudio se observó que *Eichhornia crassipes* logró remover nutrientes a un 90%, se determinó como mejor tratamiento. Existiendo incremento de los parámetros nitrogenados excepto los *nitratos*; los que se aumentaron especialmente con *Lemna Minor* y lograron ser removidos con *Eichhornia crassipes*. En cuanto a los niveles microbiológicos no se evaluaron los tratamientos con precisión los niveles de remoción (García, 2012).

Mediante el uso de *Eichhornia crassipes* se pueden obtener buenas eficiencias en la remoción de los contaminantes más comunes de aguas residuales, siendo significativo las remociones en carga de nitrógeno entre 7 y 38 kg/ha/d y cargas de fósforo entre 0,9 y 13 kg/ha/d, observándose que el tamaño de la planta así como su sistema radicular influyen en la remoción de contaminantes, y las velocidades de crecimiento entre 123 y 487 g/m<sup>2</sup> d (peso húmedo), con un contenido de proteínas entre 25 y 30% ,base seca López, (2012). Así García (2012) afirmó que el tratamiento con *Eichhornia crassipes* mostró una remoción de nutrientes que osciló entre los 52% al 86% con un periodo de retención de 5 días; mientras que el parámetro microbiológico DBO5 presentó una remoción de 26.7% en un periodo de retención de 2.5 días considerándose una especie promisoría en los procesos de desinfección de las aguas residuales debido a la alta eficiencia en niveles de remoción y la capacidad de remoción del

Nitrógeno Amoniaco tanto para periodo de retención de 2.5 días como para 5 días presentó un 86%. En el caso de fosforo total, la remoción varió según el tiempo de retención de 2.5 días (39%) a 5 días (52%). Sobre el comportamiento de una planta acuática en aguas residuales nos afirmó (Sánchez, V. ,1991).

Uno de los más graves problemas que aquejan al medio ambiente son las descargas de aguas residuales provenientes de los rastros. Este tipo de agua contiene concentraciones altas de materia orgánica, grasas, proteínas y nutrientes, entre otros (Rodríguez *et al.*, 2002). El impacto que causan a las aguas superficiales la descarga de las aguas residuales de los rastros sin tratar es destructivo: acaba el oxígeno disuelto, además de aumentar notablemente la turbidez y favorece el crecimiento excesivo de materia orgánica provocando un crecimiento acelerado de algas y otras plantas verdes, evitando que la luz solar llegue; al disminuir la luz, con lo cual el fitoplancton muere al no poder realizar la fotosíntesis (COFEPRIS, 2005). Debido a la alta concentración de contaminantes orgánicos, esto hace que cada litro de agua residual proveniente de un rastro equivalga a la contaminación aportada por 60 personas Castañeda *et al.*, (2007). En el caso de los bovinos y equinos, el aporte de sangre a los efluentes es de 12 litros, para ovinos y porcinos de 1 y 3 litros respectivamente y para aves de 0.05 litros. La separación y recuperación de la sangre es muy importante, ya que es el residuo más contaminante del agua, sin embargo, no es un procedimiento rutinario Signorini *et al.*, (2006). El nitrógeno presente en el agua residual de rastro proviene, de manera general, del amonio de la orina y del excremento, la naturaleza del amonio ( $\text{NH}_4$ ) dependerá del pH que presente el agua residual. La sangre es una de las fuentes más importantes y se expresa como nitrógeno total (NT) Flores (2007). El fósforo se origina a partir del contenido estomacal no digerido, pero también puede generarse si la sangre se procesa para elaboración de subproductos.

El sodio (sal) proviene del excremento, del alimento presente en los estómagos de los animales, así como de los procesos de rendimiento y de encurtido Signorini *et al.*, (2006). Las

aguas residuales de rastro pueden ser tratadas por digestión anaerobia, ya que contienen altas concentraciones de la carga orgánica biodegradable, la alcalinidad adecuada y las concentraciones de fósforo, nitrógeno y micronutrientes para el crecimiento bacteriano (Romero, 2001). Este tipo de agua (agua residual de rastro) contribuye a incrementar la cantidad de nitrógeno y fósforo en el efluente, lo que tiene implicaciones serias ya que un tratamiento biológico, no la remueve totalmente y puede llegar a causar eutricación. Por este motivo se busca un tratamiento terciario, que puede llevarse a cabo con hidrófitas acuáticas como una alternativa (Rodgers *et al.*, 1978; Benda *et al.*, 1991).

Algunas hidrófitas acuáticas, por su capacidad para absorber algunos metales pesados y otros elementos, en medios con alta carga orgánica, permiten purificar en grado alto las aguas contaminadas por la agricultura y la industria (Pedraza, 1994).

Lo más importante de realizar un proyecto es saber lo eficiente que es el resultado entonces Ramos, Rodriguez & Martinez (2007) determinó que de acuerdo a la remoción bacteriana y a la mejor calidad de parámetros fisicoquímicos, puede decirse que la operación de este sistema fue eficiente en cuanto al papel de las macrofitas seleccionadas, obteniéndose agua de mejor calidad para irrigación desde el punto de vista de las normas sanitarias; considerando la temperatura, productividad primaria, visibilidad del disco secchi, salinidad, pH, alcalinidad y dureza total, compuestos tóxicos, amoniaco, nitrito, sulfuro de hidrógeno, oxígeno disuelto. Según Timmosns & Ebeling (2010) y Crites R, Tchobanoglous (1998) el rango recomendable de pH para una nitrificación es de 7-9 y para una desnitrificación es de 6,5-7,5. La alcalinidad recomendable según Cárdenas y etal (2006) es de menor a 200mg/L. En cuanto a la temperatura según Lema (1998), debe mantenerse menor a 30°C y la concentración de oxígeno disuelto para un proceso de nitrificación debe ser mayor a 3 y para desnitrificación entre valores de 2 y 3 así lo indica Chen, Ling & Blancheton (2006), en cuanto a la concentración de iones de calcio y magnesio en el agua si es mayor a 300 mg/L se considera muy dura.

Los estándares nacionales de calidad ambiental para agua como lo indica el Decreto Supremo N° 002-2008 (MINAN), son cuatro categorías: Poblacional y recreacional, Actividades marino costeras, Riego de vegetales y bebidas de animales, Conservación del ambiente acuático; del cual se consideró los datos de la columna ecosistema marino costero para comparar los resultados del trabajo de investigación (El peruano, 2008).

### 1.3. Formulación del problema de investigación

¿Cuál es el efecto de *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados de los efluentes pesqueros a diferentes concentraciones?

### 1.4. Delimitación del estudio

La ejecución de proyecto de investigación puede presentar limitaciones como el de la pesca que es por temporada en nuestra localidad, con ello el riesgo de no conseguir los efluentes. Así mismo, otro limitante son las vedas no programadas.



Figura 1. Ubicación de la planta conservera (Google maps, 2018)

### **1.5. Justificación e importancia de la investigación**

Desde el punto de vista teórico se puede mencionar que el tratamiento de efluentes pesqueros mediante el cultivo de *Eichhornia crassipes*, permitirá una fitorremediación que se caracteriza por ser una práctica de limpieza pasiva y estéticamente agradable que aprovechan la capacidad de las plantas y la energía solar para el tratamiento de una gran variedad de contaminantes del medio ambiente.

Desde el punto de vista metodológico el presente trabajo será desarrollado como investigación experimental para demostrar que las plantas acuáticas como *Eichhornia crassipes* pueden utilizarse en el tratamiento de efluentes pesqueros a diferentes concentraciones.

Desde el punto de vista práctico al usar las plantas acuáticas *Eichhornia crassipes* en los efluentes pesqueros se lograra mantener los límites máximos permisible de nitrito, nitrato, sulfuros y fosfatos ; elementos que son vertidos al mar.

Desde el punto de vista económico para las plantas de corte primario las plantas acuáticas *Eichhornia crassipes* resulta un costo mínimo comparado a la instalación de una planta de tratamiento de efluentes, cumpliendo con los límites máximos permisibles las plantas pesqueras y así evitar el riesgo de ser sancionado por el ministerio de producción y el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

Desde el punto de vista social se logrará a contribuir con la disminución de contaminación ambiental, si los efluentes no cumplen con los límites máximos permisibles se estaría dañando gravemente al cuerpo receptor que en este caso es el mar. Tal podría ser el caso de las plantas de corte primario que no realizan tratamiento de sus efluentes.

Uno de los más graves problemas que afectan el medio ambiente acuático son las descargas de aguas residuales provenientes de las empresas productoras de alimentos, debido a las altas concentraciones de materia orgánica, de sólidos y grasas principalmente (Romero-Ortiz, 2011), por eso surge la necesidad de utilizar un tratamiento químico (utilización de sulfato férrico, coaguladores, y floculantes) o la alternativa de usar *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de efluentes pesqueros.

La fitorremediación representa una tecnología alternativa para la restauración de ambientes y efluentes contaminados, siendo una tecnología de bajo costo, puesto que no requiere de una infraestructura sofisticada y puede implementarse in situ para remediar grandes volúmenes de agua diluidas, es decir con bajas concentraciones de contaminantes (Nuñez, 2004). *Eichhornia crassipes* es una planta utilizada en la fitorremediación por un rápido crecimiento distribuida en casi todos los países tropicales, que puede tolerar condiciones de contaminación por metales o por eutroficación de cuerpos de aguas lénticos y lóticos, habiendo despertado interés en el tratamiento de la contaminación por metales en suelos agrarios y cuerpos de agua (Benítez et al., 2011).

Las plantas acuáticas podrían ser alternativas adecuadas para el tratamiento de aguas residuales debido a que funcionan asimilando los compuestos orgánicos mediante la eliminación de microorganismos y nutrientes (García, 2012).

La situación antes descrita justifica el desarrollo y evaluación de tecnologías de tratamiento encaminadas a reducir los impactos ambientales ocasionados por el inadecuado manejo y disposición de efluentes industriales, considerando su composición y efectos sobre los ecosistemas naturales (Marín 2015).



## **1.6. Objetivos de la investigación: General y específicos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de *Eichhornia crassipes* en la reducción de compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados presentes en efluentes pesqueros a diversas diluciones.

#### **Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de *Eichhornia crassipes* en la reducción de compuestos nitrogenados presentes en efluentes pesqueros a diversas diluciones.
- Determinar el efecto de *Eichhornia crassipes* en la reducción de compuestos sulfurados presentes en efluentes pesqueros a diversas diluciones.
- Determinar el efecto de *Eichhornia crassipes* en la reducción de compuestos fosfatados presentes en efluentes pesqueros a diversas diluciones.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Fundamentos teóricos de la investigación**

##### **Efluente pesquero**

##### **Manejo de efluentes y producción más limpia**

La implementación de medidas de producción más limpia es lo primero que debe realizarse a la hora de manejar los efluentes en una empresa.

Quiere decir que es de provecho aplicar prácticas de producción más limpia (PML) en donde se incentiva el uso eficiente de materias primas, agua y energía, entre otros insumos, a fin de eliminar o reducir en las fuentes de origen la cantidad de residuos que no se aprovechan y que se genera durante la elaboración de productos. Así, además de reducir los costos unitarios de producción, se disminuye la demanda para el tratamiento final de desechos, si éste fuera necesario, y, por ende, se reduce el costo de adquisición de una planta de tratamiento y de sus congruentes costos de operación y mantenimiento. (Paredes, 2014)

Respecto a la disminución de costo de producción Paredes (2014) afirma:

Que es necesario disminuir las corrientes de residuos; o que, para disminuir las corrientes de residuos, es necesario aumentar la eficiencia productiva, lo que también lleva a bajar los costos de producción. Con ello se concluye que la opción de introducir prácticas de PML debe ser catalogada vital y en forma exhaustiva antes de iniciar soluciones de tratamiento al final del proceso.

## **Enfoque Piramidal en el manejo de efluentes**

Enfoque Piramidal en el manejo de efluentes Las técnicas del manejo de residuos o, mejor dicho, del manejo de efluentes (han ido evolucionando. Esquemáticamente, la Figura 1 ilustra lo que se ha denominado como “Enfoque piramidal para el manejo de efluentes”, el cual consiste en agotar las soluciones basadas en prácticas de producción más limpia, antes de intentar el manejo de flujos de residuos como desechos al final del proceso de producción.

Significa que al ejecutar el tratamiento y la disposición final de residuos considerados como no aprovechables, dentro de las prácticas de producción más limpia (PML), se debe considerar prevenir el impacto ambiental y de eficiencia energética frente a las prácticas de reciclaje, reúso y recuperación. Hay flujos de residuos originados cuya parte no puede ser reducida, o no es sencillo de disminuir, mediante prácticas de prevención de la contaminación o de eficiencia energética; como la sangre de un matadero de reses; las plumas de un matadero de pollos; el pelo o sus formas proteicas degradadas del proceso de pelambre en una curtiembre; el agua de refrigeración que sale caliente; el calor sensible del vapor ya condensado, entre muchos otros flujos de residuos similares. En estos casos, se debe actuar directamente con las prácticas de reciclaje, reúso y/o recuperación. De tal forma, no se debe perder de vista que estos tratamientos (reciclaje, reúso y/o recuperación) pueden hacerse de una forma más productiva las prácticas de Prevención de la Contaminación (PC) y de Eficiencia Energética (EE). Es decir que, estas últimas (PC y EE), deben ser aplicadas a los procesos empleados en el reciclaje, reúso y/o recuperación. Entonces, los recursos empleados para introducir prácticas de producción más limpia (PML) en una empresa son considerados como una inversión, normalmente de corto plazo, ya que generan retornos económicos y beneficios ambientales simultáneamente. (Paredes, 2014)

Opuesto a lo mencionado, los recursos empleados para realizar el uso de residuos como desechos al final del proceso productivo (plantas de tratamiento) son considerados como un gasto, ya que no generan retornos económicos, excepto por el beneficio que resulta por evitar que se generen contaminación ambiental, beneficio que para la planta tiene un carácter intangible en la mayoría de los casos (Paredes, 2014).

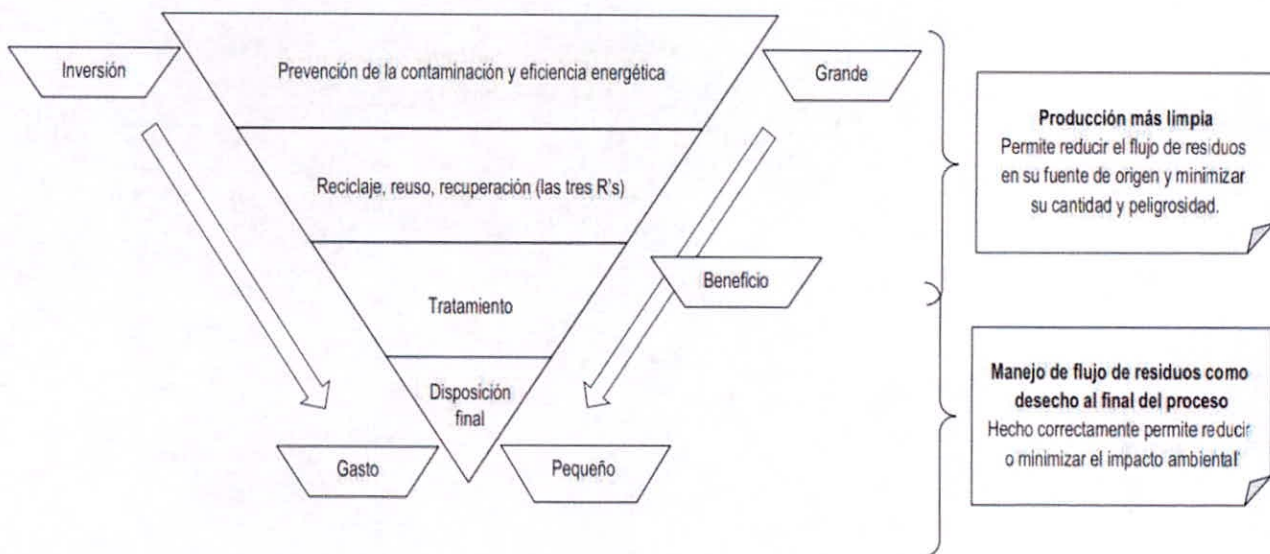


Figura 2. Enfoque piramidal para el manejo de efluentes.

### **Producción Más Limpia para la recuperación de sólidos, aceites y grasas de efluentes de plantas de harina y aceite de pescado**

La necesidad de promover la inversión privada en procesos productivos es declarada por el MINAM (Ministerio del Ambiente) los que usan tecnologías e insumos limpios y el desarrollo de procesos de reconversión de las industrias contaminantes. Al efecto, se determina una doble estrategia, las cuales son: la consolidación de los mecanismos de comando y control (leyes, normas y fiscalización) y la promoción de medidas voluntarias estimuladas por el desarrollo del mercado (Paredes, 2014).

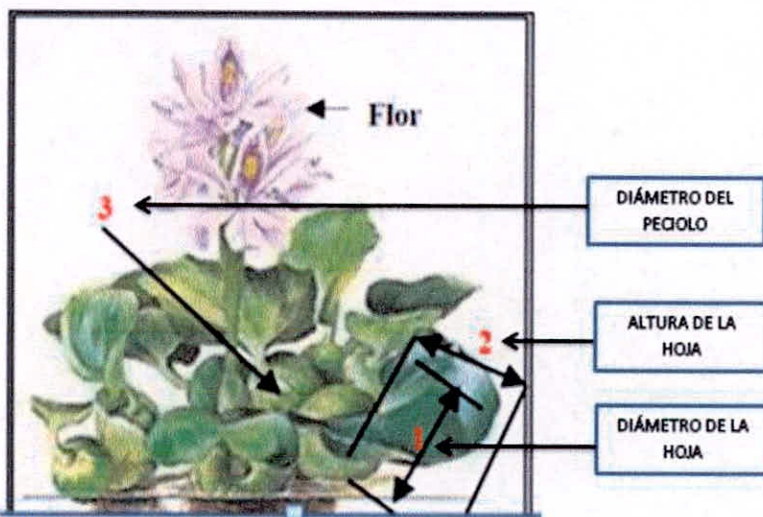
### 2.1.1. Cultivo de *Eichhornia crassipes*

#### Nombre común

Jacinto de agua, camalote.

#### Características Biométricas:

Diámetro de la hoja	5.70
Altura de la hoja	3.33
Diámetro del peciolo o bulbo	2.88
Longitud de la raíz	13.08



#### Área de distribución y evolución de la población

##### Área de distribución natural (origen)

América del Sur, concretamente, de la Cuenca del Amazonas.

##### Descripción del hábitat y biología de la especie

Sanz-Elorza & e tal. (2004) define:

Es un hidrofito flotante herbáceo, provisto de abundantes estolones, que emiten raíces fasciculadas en los nudos. Florece de marzo a julio. Se propaga rápidamente, así como por semilla como asexualmente (estolones, fragmentación de plantas). Parece que puede ser dispersada por las aves.

Respecto a las condiciones adecuadas de la *Eichhornia crassipes*. Sanz-Elorza & e tal. (2004) indica. “Es posible que *Eichhornia crassipes* duplique su población cada cinco días. Las semillas pueden conservar su capacidad germinativa entre 5 y 20 años. La iluminación elevada y las oscilaciones de temperatura favorecen la germinación”

Existen factores que permiten el buen desarrollo de la planta.

Va a requerir temperaturas cálidas (óptimo entre 15-30 °C), no soportando las inferiores a -2 °C. No soporta las exposiciones a pleno sol. Resiste ciertos niveles de contaminación, por lo que se ha utilizado con éxito para depurar aguas contaminadas. El pH que tolera es 5,5 – 9,0. (Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente, 2013)

Las plantas acuáticas son aquellas que requieren una gran cantidad de agua en sus raíces para vivir. “Esto significa que crecen en medios muy húmedos y completamente inundados” (Caicedo ,1995). Básicamente tienen los mismos requerimientos nutricionales de las plantas terrestres. Se pueden clasificar en flotantes, sumergidas y emergentes.

Asimismo, Caicedo (1995) afirma:

Las plantas flotantes, son aquellas que tienen sus partes sintetizadoras sobre la superficie y sus raíces se extienden hacia debajo de la columna de agua. Las raíces no solo sirven para extraer nutrientes de agua, además sirven de sustrato para bacterias y como sistema de adsorción de sólidos suspendidos. Entre las plantas flotantes podemos encontrar a Jacinto de agua o lirio de agua (*Eichhornia crassipes*); helechos de agua (*Salvinia sp* y *Azolla sp*), lechuga de agua (*Pistia sp*) y lentejas (*Lemma sp*; *Wolfia sp*, *Wolffiella sp*).

## Tratamiento de efluentes pesqueros

Se realizó un estudio sobre la situación de las plantas de tratamiento de aguas residuales por la SUNASS (2016). “En alianza con la Cooperación Alemana GIZ, a través de Pro agua y del Centro Internacional de la Migración (CIM) presentó el estudio, Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de EPS”

Para el diagnóstico situacional SUNASS (2016) indico:

Se realizó la visita a 204 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) ubicadas en 32 entidades prestadoras de servicios de saneamiento (EPS), durante un período de 7 meses. Entre las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) inspeccionadas se encontraron 172 construidas (163 y 9 paralizadas) y 32 en construcción a cargo de EPS, Gobierno Regional o Municipalidades. “El estudio, ha permitido identificar los vertimientos de aguas residuales no autorizados, los desafíos que se desprenden de los nuevos y exigentes estándares de calidad de efluentes y realizar una rigurosa evaluación técnico-operacional de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Adicionalmente, se detectó sobrecarga orgánica e hidráulica en el 50% de las plantas de tratamiento de aguas residuales inspeccionadas, deficiencias en la operación y mantenimiento que afectan la eficiencia en el tratamiento, ausencia de personal especializado, tecnología insuficiente (falta de tratamiento preliminar y de medidores de caudal), entre otros.

El resultado de la evaluación concluye en que se debe trabajar en armonía con los límites máximos permisibles.

El estudio recomienda trabajar en la concordancia de los Límites Máximos Permisibles (LMP) y de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de vertimiento con las tecnologías apropiadas para las PTAR y las condiciones hidrogeológicas de los cuerpos

de agua, así como establecer la concordancia de los requisitos del diseño de la PTAR con la Ley de Recursos Hídricos.

Asimismo, se recomienda establecer plazos para el cumplimiento de los LMP y ECA, la formulación de una política que apoye el reúso de aguas residuales tratadas y lodos generados, establecer un programa de adecuación de PTAR, fortalecimiento de capacidades de las EPS en operación y mantenimiento de las PTAR, así como llevar a cabo un programa nacional de rehabilitación de PTAR tipo lagunas, entre otros. (SUNASS, 2017)

En la actualidad los titulares de las licencias de operación de establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto deben monitorear la calidad de sus efluentes, indicado en artículo 5 Resolución Ministerial N° 061 -2016 – Produce (Produce 2016)





Tabla 1. Conservación del Ambiente Acuático (Categoría 4)

PARAMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMA MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FISICOS Y QUIMICOS</b>						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrogeno amoniacal	mg/L	<0.02	0.02	0.05	0.05	0.08
Temperatura	Celsius					Δ3 °C
Oxígeno disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	mg/L	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sólidos disueltos totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos suspendidos totales	mg/L	≥25	≥25 - 100	≥25 - 400	≥25 - 100	30
<b>INORGANICOS</b>						
Arsenico	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05
Bario	mg/L	0.7	0.7	1	1	-
Cadmio	mg/L	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005
Cianuro libre	mg/L	0.022	0.022	0.022	0.022	-
Clorofila A	mg/L	10	-	-	-	-
Cobre	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05
Cromo IV	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fenoles	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	
Fosfatos total	mg/L	0.4	0.5	0.5	0.5	0.031 - 0.093
Hidrocarburos de petroleo aromaticos totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Nitratos (N - NO3)	mg/L	5	10	10	10	0.07 - 0.28
<b>INORGANICOS</b>						
Nitrogeno total	mg/L	1.6	1.6		-	-
Niquel	mg/L	0.025	0.025	0.025	0.002	0.0082
Plomo	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.0081	0.0081
Silicatos	mg/L	-	-	-	-	0.14 - 0.7
Sulfuro de hidrogeno (H2S indisociable)	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Zinc	mg/L	0.03	0.03	0.3	0.03	0.081
<b>MICROBIOLOGICOS</b>						
Coliformes termotolerantes	(NMP/100 mL)	1000	2000	1000		≤ 30
Coliformes totales	(NMP/100 mL)	2000	3000	2000		

Fuente: Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

**NOTA :** Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis

**Dureza:** Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método/técnica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C)

**Nitrógeno total:** Equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO)

**Amonio:** Como NH3 no ionizado

**NMP/100 mL:** Número más probable de 100 mL

**Ausente:** No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.

Tabla 2. Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de la industria de harina y aceite de pescado, D. S. N° 010-2008-Produce.

PARAMETROS CONTAMINANTES	I	II	III	METODO DE ANALISIS	FORMATO
	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE LOS AFLUENTES QUE SERAN VERTIDOS DENTRO DE LA ZONA DE PROTECCION AMBIENTAL LITORAL (a)	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE LOS AFLUENTES QUE SERAN VERTIDOS FUERA DE LA ZONA DE PROTECCION AMBIENTAL LITORAL (a)	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE LOS AFLUENTES QUE SERAN VERTIDOS FUERA DE LA ZONA DE PROTECCION AMBIENTAL LITORAL (b)		
Aceites y grasas (A y G)	20 mg/L	1.5*10 <sup>2</sup> mg/L	0.35*10 <sup>2</sup> mg/L	Standard methods for examination of water and wastewater, 20 th. Ed. Method 5520D. Washington; o Equipo automatico extractor soxhlet	Los valores consisten en el promedio diario de un mínimo de tres muestras de un compuesto según se establece en la Resolución ministerial N° 003-2002-PE
Sólidos suspendidos totales (SST)	100 mg/L	2.5*10 <sup>2</sup> mg/L	0.70*10 <sup>2</sup> mg/L	Standard methods for examination of water and wastewater, 20 th. Ed. Part.2540D Washington	
pH	6 - 9	5 - 9	5 - 9	Protocolo de monitoreo aprobado por resolución ministerial N° 003-2002-PE	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	≤ 60 mg/L	⊙	⊙	Resolución ministerial N° 003-2002-PE (d)	

(a) La Zona de Protección Ambiental Litoral establecida en la presente norma es para uso pesquero.

(b) De obligatorio cumplimiento a partir de los dos (2) años posteriores a la fecha en que sean exigibles los LMP señalados en la columna anterior.

(c) Ver Segunda Disposición Complementaria y Transitoria. (d) El Protocolo de Monitoreo será actualizado.

## **Artículo 2.- Obligatoriedad de los límites máximos permisibles (LMP)**

2.1. Los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el artículo 2, son de cumplimiento obligatorio para los establecimientos industriales pesqueros o plantas de procesamiento nuevos y para aquellos que se reubiquen, desde el día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano. Ningún establecimiento industrial pesquero o planta de procesamiento podrá operar si no cumple con los límites máximos permisibles (LMP) señalados en la Tabla N° 01 de la presente norma, conforme al proceso de aplicación inmediata o gradual dispuesto en el texto del presente Decreto Supremo.

2.2. Los titulares de los establecimientos industriales pesqueros deben contar con un adecuado sistema integrado de tratamiento y disposición final de los efluentes generados, el cual debe considerar aspectos técnicos hidroceanográficos y otros tales como la configuración de las bahías, ensenadas o caletas, el régimen de corrientes, batimetría, vientos, mareas, el caudal de los efluentes, la distancia y profundidad de las cargas vertidas al cuerpo de agua entre otros.

2.3. Para cumplir los LMP establecidos en el artículo 1°, los titulares de los establecimientos industriales pesqueros deberán implementar sistemas de tratamiento físico, químico, bioquímico u otros complementarios al tratamiento químico. En los casos en que la disposición final de los efluentes tratados dentro los límites máximos permisibles se realiza mediante emisarios submarinos fuera de la zona de protección ambiental litoral, éstos deberán tener un difusor al final del emisario, a una distancia y profundidad suficientes para garantizar una adecuada dilución bajo las condiciones técnicas a fin de que guarden consistencia y coherencia con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

2.4. En los casos de concentración de dos (2) o más establecimientos pesqueros por zona, la instalación de emisarios comunes será regulada por las normas complementarias que dicte el Ministerio de la Producción y la autoridad nacional del agua (ANA) quien a su vez controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por el organismo de evaluación y fiscalización ambiental (El peruano, 2011).

2.5. Para aquellos casos en los cuales no sea técnicamente factible la instalación de emisarios submarinos, se deberá realizar el tratamiento bioquímico y/o biológico de efluentes en tierra y cumplir con los LMP establecidos en el artículo 1° del D. S. N° 010-2008-Produce para los efluentes que serán vertidos dentro de la zona de protección ambiental litoral.

2.6. La longitud del emisario submarino estará determinada por los factores de diseño del dispositivo que asegure el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (El Peruano, 2008).

Asimismo, según D.S N° 004-2017-MINAM se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias que modifican y eliminan algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA.

Tabla 3. LMP para ambientes acuáticos según categorías especificadas por MINAM (2017).

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2:		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,005	0,0052	0,00	0,001
Color (b)	Color verdadero	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,00	**	**	**	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,03	0,05	0,05	0,12	0,062
Nitratos (NO <sup>-</sup> ) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,31	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,00	0,00	0,002	0,00	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,03	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,008	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,01	0,01	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,000	0,000	0,0001	0,000	0,0001
Níquel	mg/L	0,05	0,05	0,052	0,008	0,0082
Plomo	mg/L	0,002	0,002	0,0025	0,008	0,0081
Selenio	mg/L	0,00	0,00	0,005	0,07	0,071
Talio	mg/L	0,000	0,000	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,08	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>						
Hidrocarburos Totales de	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,000	0,000	0,0006	0,000	0,0006
<b>BTEX</b>						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,000	0,000	0,0001	0,000	0,0001
Antraceno	mg/L	0,000	0,000	0,0004	0,000	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,00	0,00	0,001	0,00	0,001
<b>Bifenilos Policlorados</b>						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,0000	0,00003
<b>PLAGUICIDAS</b>						
<b>Organofosforados</b>						
Malatión	mg/L	0,000	0,000	0,0001	0,000	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
<b>Organoclorados</b>						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrín	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Fuente. DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

## **Desarrollo sustentable**

El desarrollo sostenible es el paradigma general de las Naciones Unidas, definido como “el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (ONU, 1987).

Paradigma que considera aspectos ambientales, sociales y económicas que equilibra la búsqueda del desarrollo y de una mejor calidad de vida, enlazando por grupos: la sociedad, el medio ambiente y la economía.

Por ejemplo, una sociedad próspera depende de un medio ambiente sano que provea de alimentos y recursos, agua potable y aire limpio a sus ciudadanos.

El paradigma de la sostenibilidad constituye un cambio importante desde el paradigma anterior del desarrollo económico con sus nefastas consecuencias sociales y ambientales, que hasta hace poco tiempo eran consideradas como inevitables y aceptables. Sin embargo, ahora comprendemos que estos graves daños y amenazas al bienestar de las personas y del medio ambiente como consecuencia de la búsqueda del desarrollo económico, no tienen cabida dentro del paradigma de la sostenibilidad (UNESCO, 2012).

Con la finalidad de lograr la sostenibilidad ambiental se ha promulgado diversas normas legales, tales como:

- La Ley general de aguas (D. Ley N° 17752 del 24-07-69, y el D. S. N° 261-69-AP del 12-12-69 modificado por D. S. N° 007-83-A del 11-03-83). Presenta niveles permisibles de contaminantes para los diferentes usos de agua (Dirección General de Asuntos Ambientales, 1969).
- Ley de Evaluación de impacto ambiental para obras y actividades (Ley N° 26786 del 13-05-97). Esta Ley surge como una modificación del Art. 51° del D.L. N° 757 y establece que las

autoridades sectoriales competentes tienen la responsabilidad de comunicar al CONAM sobre las actividades que podrían exceder los niveles tolerables de contaminación y que deben presentar el EIA.

- Esta Ley no modifica las atribuciones sectoriales en cuanto a las autoridades ambientales competentes, tal es así que al modificarse el Art. 52 ° del D.L. N° 757 se indica que, en los casos de peligro grave o inminente para el medio ambiente, la autoridad sectorial competente, con conocimiento del CONAM, podrá disponer la adopción de medidas de seguridad propuestas por el titular de la actividad (Dirección General de Asuntos Ambientales, 1997).

- La Ley General de Salud – Ley N° 26842 (20-07-97). Establece que la protección de la salud es de interés público, que es un derecho irrenunciable y que el ejercicio de la libertad de trabajo, empresa, comercio e industria se encuentra sujetos a las limitaciones que establece la ley en resguardo de la salud pública (El peruano, 1997).

- Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (Ley N° 27446 del 23-04-2001). Se crea y establece (Art. 3°) la obligación de presentar la certificación ambiental antes de ejecutar un proyecto, igualmente que ninguna autoridad lo aprobará o autorizará sin su certificación. Se establece (Art. 4°) que los proyectos que no originan impactos ambientales negativos significativos presentarán una Declaración de Impacto Ambiental –DIA-. Su reglamento no ha sido aprobado aun manteniéndose vigente la legislación ambiental anterior (Ministerio del Ambiente, 2001).

- El Decreto Legislativo que aprueba la Ley de creación, organización y funciones del Ministerio del Ambiente (decreto legislativo N° 1013). La presente ley crea el Ministerio del Ambiente, establece su ámbito de competencia sectorial y regula su estructura orgánica y sus funciones (El Peruano, 2008).

- Ley Del Sistema Nacional De Evaluación Y Fiscalización Ambiental (Ley N° 29325). La presente Ley tiene por objeto crear el SINEFA, el cual está a cargo la OEFA como ente rector (El Peruano, 2009).
- Protocolo de Monitoreo de Efluentes de la Industria Pesquera de Consumo Humano Indirecto (RESOLUCION MINISTERIAL N° 721-97-PE). En donde proporciona al sector pesquero un documento técnico – práctico para ejecutar las acciones de monitoreo de los efluentes de la industria pesquera de Consumo Humano Indirecto (El peruano, 1997).
- Reglamento de Límites Máximos Permisibles (LMP) para la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Normas Complementarias (decreto supremo N° 010-2008-Produce). El presente Decreto regula establece los límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes de la Industria de Harina y Aceite de Pescado, en los parámetros: Aceites y Grasas, Sólidos suspendidos totales, pH y demanda bioquímica de oxígeno. Estos límites varían según el ámbito donde se realiza la descarga: 1. LMP de los efluentes que serán vertidos de la zona de protección ambiental Litoral. 2. LMP de los efluentes que serán vertidos fuera de la zona de protección ambiental litoral (El peruano, 2008).
- La Autoridad Nacional del Agua (ANA), controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por autoridad del ambiente. También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad del recurso; Que, el artículo 126 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG, establece que el monitoreo de la calidad de las aguas, en el marco del Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua (El peruano, 2011).



- El Protocolo para el monitoreo de efluentes y cuerpo hídrico receptor para establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto (RM N° 293-2013-PRODUCE), estandariza la metodología para el desarrollo del monitoreo de estos efluentes a fin de evaluar el nivel de tratamiento de los efluentes vertidos por dichas actividades, para la vigilancia y control del cumplimiento de los LMP establecidos y la calidad ambiental de los cuerpos hídricos a nivel de media agua y de fondo (Ministerio de la Producción, 2013).
- DS N° 002 – 2008 aprobados por MINAN, como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua.
- Decreto Legislativo N°1284 que Crea el Fondo de Inversión Agua Segura
- Decreto Supremo N° 009-2017, para la creación del Fondo con la finalidad de financiar programas, proyectos y/o actividades orientados a cerrar brechas de cobertura de agua, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales a nivel nacional, contribuyendo a la eficiencia económica y operativa de los prestadores de servicios de saneamiento y a la sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento (El Peruano, 2016).

## 2.2. Marco conceptual

La contaminación es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del aire, la tierra o el agua, que puede afectar nocivamente la vida humana o la de las especies beneficiosas, los procesos industriales, las condiciones de vida del ser humano y puede malgastar y deteriorar los recursos naturales renovables.

**Conserva de pescado:** Es un producto comestible, elaborado a base de pescado, envasado en recipientes aptos, herméticamente cerrados y sometidos a un adecuado proceso de esterilización (ANFACO,2004).

**Efluentes:** Fluido acuoso, puro o con sustancias en solución o suspensión como producto de la actividad pesquera o acuícola, que es considerada como residuo (OEFA, 2013).

**El fitoplancton:** El fitoplancton es un plancton vegetal, son microalgas que obtienen su energía y nutrientes a través de la energía solar por el proceso conocido como fotosíntesis y por ello, casi siempre se encuentran cerca de la superficie del agua. El fitoplancton constituye el primer eslabón de la cadena alimenticia de los sistemas acuáticos (Sierra Beltrán, 2000).

Se encarga de fijar el CO<sub>2</sub> atmosférico de manera que el carbono pasa a ser parte de la cadena alimentaria, y, por tanto, fuente de energía. Progresivamente la cadena trófica va enriqueciéndose, pues el fitoplancton es consumido por el zooplancton que a su vez puede ser consumido por determinados peces, etc.

Los principales grupos de algas que forman el fitoplancton son las diatomeas, las clorofitas, las cianobacterias, los dinoflagelados, los euglenoideos y las rafdofitas entre otros. (<https://sailandtrip.com/que-es-el-plancton/>,2016).

**El plancton:** Es un nombre colectivo que engloba un grupo de organismos que viven tanto en agua marina como en agua dulce y que son demasiado pequeños o demasiado débiles para poder nadar contra corriente. Dentro de lo que denominamos plancton incluimos organismos como las bacterias, algunos tipos de algas, de crustáceos o de moluscos.

EL plancton son organismos que son arrastrados a la deriva por las mareas y corrientes y que viven en la zona pelágica, es decir, viven en las zonas medias y superiores de las aguas de los océanos, también están presentes en ríos o lagos. Algunos de estos organismos los podemos ver a simple vista, pero para ver la mayor parte de los microorganismos que forman el plancton se observan a través de un microscopio (<https://sailandtrip.com/que-es-el-plancton/> 2016).

**El pH:** es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones. La sigla significa potencial de hidrógeno o potencial de hidrogeniones. La medición es a través de electrodos y test colorimétricos. (Metrólogos Asociados 2010).

El zooplancton: son animales acuáticos de un tamaño microscópico o macroscópico que viven suspendidos en la columna de agua y que está formado tanto por individuos microscópicos adultos, como por pequeñas larvas y huevos, siendo los más abundantes y característicos del zooplancton los copépodos, cladóceros, rotíferos, cnidarios o los quetognatos entre otros.

Algunos peces y moluscos son planctónicos solo durante su estado embrionario, una vez crecen y nadan libremente dejan de formar parte del plancton. Como ejemplo de zooplancton de gran tamaño están las medusas que son arrastradas a la deriva por las corrientes.

El zooplancton obtiene su energía ingiriendo otros organismos como zooplancton de menor tamaño, fitoplancton o bacterioplancton. (<https://sailandtrip.com/que-es-el-plancton/>, 2016)

## **La eutrofización**

Aparece cuando el agua asimila una alta concentración de nutrientes (en concreto, fosfatos y nitratos) por afluencia de aguas de procedencia, sobre todo, agrícola o urbana. Es lo que se conoce como eutrofización antropogénica, es decir, producida por la actividad del ser humano.

El exceso de nutrientes que llega disuelta en partículas de materia orgánica vertidos en el agua es tomado por plantas y determinados organismos simples que, al morir, son descompuestos por los microorganismos, lo que implica un alto consumo del oxígeno disuelto, que impide la vida de otros seres vivos y genera malos olores en un agua que se torna inservible. (<http://www.smasa.net/eutrofizacion/> 2016).

**Las plantas acuáticas:** tienen una gran variedad de hábitats y la representación en numerosos tipos de vegetación y comunidades, las colocan entre los elementos ecológicos y geográficos más diversos en el continente americano. (Lot, 2012).

Las plantas acuáticas son aquellas que requieren una gran cantidad de agua en sus raíces para vivir, crecen en medios muy húmedos y completamente inundados, mediante la absorción incorporan a sus células contaminantes y nutrientes, así como también los nitratos y fosfatos presentes en el agua y se pueden clasificar en flotantes sumergidas y emergentes (Caicedo, 1995). Estas plantas, también conocidas como macrófitas acuáticas o hidrófitas, corresponden a un conjunto de organismos vegetales que incluyen, en un sentido amplio, a las carofitas (Charophyta), musgos y hepáticas (Bryophyta), helechos y grupos afines (Pteridophyta), monocotiledóneas y dicotiledóneas (Magnoliophyta); sin embargo, los estudios florísticos de grandes regiones y países, se enfocan frecuentemente a las fanerógamas o a las plantas vasculares (Lot, 2012).

**Los fosfatos:** Son las sales o los ésteres del ácido fosfórico ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica. Los fosfatos secundarios y terciarios son insolubles en agua, a excepción de los de sodio, potasio y amonio. Los fosfatos son productos realizados a partir del ácido fosfórico

**Los compuestos del fósforo** son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización. (<https://www.google.com.pe>)

**Los nitratos:** Son iones ( $\text{NO}_3$ ) que existen de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno, compuestos solubles que contienen nitrógeno y oxígeno.

Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro (Cárdenas & Sánchez 2012).

**Los nitritos:** Son iones ( $\text{NO}_2$ ) que existen de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno, compuestos solubles que contienen nitrógeno y oxígeno. Los nitritos se producen en la naturaleza por la acción de bacterias nitrificantes, en una etapa intermedia en la formación de nitratos (Cárdenas & Sánchez 2012). Su concentración en agua y vegetales es baja. Sin embargo, la conversión microbiológica de nitrato a nitrito puede ocurrir durante el almacenamiento de vegetales frescos a temperatura ambiente, pudiendo alcanzar niveles elevados (alrededor de 3,6 g/kg- peso seco).

**Los sulfuros:** El ácido sulfhídrico en disolución acuosa, es un hidrácido de fórmula  $\text{H}_2\text{S}$ . Este gas, más pesado que el aire, es inflamable, incoloro, tóxico, odorífero: su olor es el de materia orgánica en descomposición, como de huevos podridos. (<https://www.google.com.pe>)

**Temperatura:** es la cuantificación de la actividad molecular de la materia, es una medición que indica noción o ausencia de calor; está relacionada con energía cinética, energía interna, entalpia y entropía; el instrumento de medición es el termómetro las unidades de medición es

en grados Fahrenheit, Kelvin y Celsius. Medida de temperatura es en escalas del termómetro (Metrólogos Asociados 2010).

**Sistema de tratamiento completo:** Proceso físico, químico, térmico o biológico diseñado para cambiar la composición de cualquier residuo y transformado en disposición final, recuperar energía o materiales de este, hacerlo adecuado para el almacenamiento y/o reducir el volumen (OEFA, 2013)

**Categoría 4:** Se ha considerado calificar los estándares de calidad ambiental (ECA) por el tipo de aguas que se tiene y por su uso, por lo que se requiere mecanismos de gestión y control. El recurso hídrico es el sustento de una gran variedad de ecosistemas acuáticos, es por ello la importancia de establecer Estándares de Calidad Ambiental para la conservación del ambiente acuático, lo cual pueda servir como un instrumento de gestión y control en aquellas áreas delimitadas administrativamente para la conservación de ecosistemas frágiles y de aquellas áreas que albergan hábitats de importancia ecológica. Asimismo, garantizaría la supervivencia de los organismos acuáticos y las especies interdependientes, orientado a conservar el equilibrio ecológico.

El criterio para la clasificación es que La calidad y cantidad del agua que regresa al sistema y el mantenimiento del caudal hidrológico, son factores relevantes para el sostenimiento de los ecosistemas. Para la determinación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) de agua para la conservación del ambiente natural se debe considerar el enfoque de manejo integral del recurso hídrico. Por ello con el objetivo de Conservar y preservar las aguas continentales superficiales de manera que sean aptas para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos y su entorno, Se considera como alcance Los estándares de calidad ambiental de agua (ECAs de agua) establecidos para la conservación del ambiente y son de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional para aguas continentales superficiales y teniendo en cuenta el tipo de cuerpo de agua :lagos, ríos y estuarios (Dirección General de Salud Ambiental,2008).

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Hipótesis central de la investigación

Si, utilizamos *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de efluentes pesqueros con diferentes concentraciones (20 %,40%, y 60%), habrá una disminución de los compuestos nitrogenados sulfurados y fosfatados

Tabla 4. Variables e indicadores de la investigación

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	
		Dimensiones	Indicadores
<u>V. Independiente</u>			
<i>Eichhornia crassipes</i> diferentes concentraciones de efluentes pesqueros.	<i>Eichhornia crassipes</i> es una planta acuática depuradora.	09 plantas de <i>Eichhornia crassipes</i> en los tratamientos.	
<u>V. Dependiente</u>			
Los Compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados.		T0: agua (control) T1: 20 % T2: 40 % T3: 60 %	Remoción de nutrientes NO2 (ppm) NO3 (ppm) H2S (ppm) PO4 (ppm)

### 3.2. Métodos de la investigación

Método de investigación experimental

### 3.3. Diseño de la investigación

Diseño de investigación de estímulo creciente con cuatro tratamientos experimentales, un tratamiento control, y tres repeticiones por tratamiento.

Considerando como unidad de muestreo 09 plantas de *Eichhornia crassipes* por experimento; y como unidad de análisis 1 muestra de agua por variable independiente.

#### Grupo Control:

T0: Agua

#### Grupo Experimental:

T1: 20% de dilución de efluente pesquero.

T2: 40% de dilución de efluente pesquero.

T3: 60% de dilución de efluente pesquero.

### 3.4. Método de análisis

#### Determinación de la tasa de remoción de la carga orgánica

La tasa de remoción de la carga orgánica en el tratamiento de compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados se midió mediante la fórmula propuesta por Parra (2016).

$$T = \frac{S_0 - S}{S} * 100 \quad \text{Dónde :}$$

T = Tasa de remoción de de la carga orgánica

$S_0$  = Carga orgánica de salida

S = Carga orgánica de entrada



### 3.6 Población y muestra

**Población:** *Eichhornia crassipes* se obtuvo del Laboratorio de Cultivos de Especies Auxiliares de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional del Santa

**Muestra:** 50 ejemplares (*Eihhornia crassipes*), para ser seleccionados con las mismas características (diámetro y altura de la hoja, diámetro del peciolo y longitud de la raíz) seleccionados en el laboratorio de cultivos de especies auxiliares de la facultad de ciencias de la Universidad Nacional del Santa

**Tamaño de muestra:** 09 plantas de *Eichhornia crassipes*

### 3.7 Análisis físicos y químicos

El parámetro físico que se determinó fue la temperatura y el químico fue el pH

### 3.8 Actividades del proceso investigativo

Las actividades realizadas durante el proceso de investigación fueron las siguientes:

- Permiso al gerente de la planta pesquera para poder recolectar muestras de efluentes y permitir visitar la planta cuando sea necesario.
- Con el permiso se hará un reconocimiento del lugar donde se realizará la colección de efluentes pesqueros.
- Recolección del efluente antes de ser vertido al emisor submarino que posteriormente será vertido al mar.
- Determinación de compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados en el efluente recolectado.

- Diluciones a 20%, 40% y 60% de efluentes pesqueros mezclados con potable agua en un total de 10 litros de mezcla.
- Después de tener las diluciones con 3 repeticiones se coloca las plantas *Eichhornia crassipes* en cada recipiente.

**Tabla 5. Distribución de los componentes utilizados en el efecto de *Eichhornia crassipes* en diferentes diluciones de aguas de efluentes tratadas.**

Componentes	Dilución (%) de efluentes pesqueros			
	0	20	40	60
Efluente (mL)	0	2000	4000	6000
Agua potable (mL)	10000	8000	6000	4000
<i>Eichhornia crassipes</i> (und.)	0	3	3	3
Total (mL)	10000	10000	10000	10000

Tabla 6. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TIPOS Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	DISEÑO POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS
<p><b>GENERAL</b> ¿Cuál es efecto de <i>Eichhornia crassipes</i> en el tratamiento de compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados de los efluentes pesqueros a diferentes concentraciones?</p>	<p><b>GENERAL</b> Evaluar el efecto de <i>Eichhornia crassipes</i> en el tratamiento de compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados.</p>	<p><b>GENERAL</b> Si utilizamos diluciones al 20,40,60 % de efluentes pesqueros, se evaluará el efecto de <i>Eichhornia crassipes</i> en el tratamiento de compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados.</p>	<p><b>Variable independiente</b> <i>Eichhornia crassipes</i> en diferentes concentraciones de efluentes pesqueros.</p> <p><b>Variable dependiente</b> Compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados.</p>	<p><b>GRUPO CONTROL:</b> T0: Sin <i>Eichhornia crassipes</i>.</p> <p><b>GRUPO EXPERIMENTAL:</b> T1: 20% de efluente pesquero. T2: 40% de efluente pesquero. T3: 60% de efluente pesquero.</p>	<p><b>TIPOS DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p><b>Por su propósito:</b> Investigación aplicada</p> <p><b>Por su naturaleza o profundidad:</b> Investigación explicativa.</p> <p><b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>Experimental verdadero</p>	<p><b>DISEÑO EXPERIMENTAL:</b></p> <p><b>Experimento verdadero:</b> Estímulo creciente</p> <p><b>POBLACIÓN:</b> <i>Eichhornia crassipes</i>, procedente del Laboratorio de cultivo de especies auxiliares de la facultad de ciencias de la Universidad Nacional del Santa.</p> <p><b>MUESTRA:</b> 50 ejemplares (<i>E. crassipes</i>) con las mismas características, entre diámetro del peciolo 2.88 cm longitud raíz 18.08 cm Seleccionados de la Universidad Nacional del Santa.</p> <p><b>UNIDAD DE MUESTREO:</b> 09 plantas <i>Eichhornia crassipes</i> por tratamiento (3 unidades experimentales)</p> <p><b>UNIDAD DE ANÁLISIS:</b> <i>Muestra de agua</i> por tratamiento (unidad experimental)</p>	<p><b>RECOLECCIÓN DE DATOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medición de las muestras de agua semanal</li> <li>- Aplicación de técnicas validadas</li> <li>- Instrumentos: Termómetro portátil Potenciómetro portátil Espectrofotómetro portátil Kit colorimétrico</li> </ul> <p><b>ANÁLISIS DE DATOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Media descriptiva</li> <li>- Análisis de varianza</li> <li>- Análisis de ANOVA</li> <li>- Comparación múltiple Duncan</li> <li>- Datos expresados en porcentajes.</li> </ul>

### **3.9 Técnicas e instrumentos de la investigación**

Las muestras fueron mantenidas en cajas térmicas de poli estireno aislantes, conteniendo hielo a -5 °C para inhibir la actividad microbiana y frascos debidamente rotulados y utilizar fundas de plástico color negro.

Para la recolección de datos e información necesaria, se utilizaron las siguientes Técnicas e instrumentos:

Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos el método Colorimétrico, utilizando un espectrofotómetro portátil y con rango de longitud de ondas: 350-1000nm Precisión 2nm Resolución 1nm, acompañado de un Kit para determinación de nitrito, nitrato, fosfatos y ácido sulfhídrico marca HACH.

Determinación de la temperatura con un termómetro calibrado marca HANNA. Modelo HI93503 impermeable con sonda intercambiable, con rango: -40 +250 °C y precisión:  $\pm 0,1$  °C (entre -20 +150 °C) y el pH con un potenciómetro marca HANDYLAB PH 11. Rango: -2.000 +19.999Ph y resolución máx.: 0.001 pH.

Los resultados de los análisis físicos químicos (pH, temperatura, nitritos, nitratos, sulfuros y fosfatos) fueron evaluados cada semana con equipo portátil digital.

### 3.10 Procedimiento para la recolección de datos

Las plantas recolectadas se lavaron con agua sin cloro y se colocaron en una bandeja de plástico de capacidad 40 litros con agua sin cloro hasta su aplicación en el sistema.

De 50 ejemplares se separan las plantas en buenas condiciones, luego se seleccionan 09 muestras con las mismas características y medidas.

Las medidas de *Eichhornia crassipes* se expresan cm:

Diámetro de la hoja	5.70
Altura de la hoja	3.33
Diámetro del peciolo o bulbo	2.88
Longitud de la raíz	13.08

Recolectar efluentes en el procesamiento de conserva de pescado, utilizando como materia prima la especie caballa (*Scomber scombrus*). La muestra fue tomada del tanque vertical para las aguas tratadas teniendo como coordenadas Latitud 8995116 N Longitud 0765958 E y altitud 20 msnm

Las muestras de efluentes tratados fueron almacenadas en 12 baldes de plástico transparentes capacidad 12 litros, agitadas con 6 bombas portátiles generadoras de aire. Las diluciones fueron hechas con agua potable según los siguientes tratamientos:

Tratamiento 1: 80% de agua y 20% de efluente pesquero

Tratamiento 2: 60% de agua y un 40% de efluente pesquero

Tratamiento 3: 40% de agua y un 60% de efluente pesquero

### **3.11 Análisis estadísticos**

Se calcularon las medias y las desviaciones estándares empleando el programa Microsoft Excel 2010 para Windows 7. Se utilizó el programa IBM SPSS Ver.21 para realizar un análisis de varianza (ANOVA) con la finalidad de determinar las diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos, considerando el tratamiento de efluente pesquero (tratamientos vs. Control); Se considera un  $p < 0,05$  según las etapas experimentales (T1, T2 y T3). Antes de realizar el ANOVA se comprobaron, tanto la homogeneidad de las varianzas (Test de Levine) como una prueba de distribución normal de los efluentes en los diferentes tratamientos empleados. También a fin de determinar posibles diferencias estadísticas en los tratamientos, considerando el efluente pesquero como muestra, se aplica una prueba de diferencias honestamente significativas de DUNCAN (Marín et al. 2015).

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. Análisis de campo, fisicoquímicos y microbiológicos del efluente pesquero

Se realizó análisis a las muestras diluidas en 5 semanas.

Tabla 7. Análisis de campo, fisicoquímicos, microbiológicos en muestra de efluentes al 20%, 40%, 60% evaluados en 5 semanas

Parametros	Unidad	5 SEMANAS					5 SEMANAS					5 SEMANAS				
		S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
		T1	T1	T1	T1	T1	T2	T2	T2	T2	T2	T3	T3	T3	T3	T3
<b>Análisis de campo</b>																
Temperatura	°C	23.00	21.6	21.2	23.7	24.2	23.03	21.6	21.2	23.6	24.3	23.1	21.6	21.3	23.7	24.5
Potencial de Hidrogeno	pH	7.10	7.14	7.15	7.15	7.16	7.11	7.12	7.14	7.15	7.15	7.10	7.12	7.14	7.15	7.17

T1: 20 % agua + 80% de efluente pesquero

T2: 40 % agua + 60% de efluente pesquero

T3: 60 % agua + 40% de efluente pesquero

4.1.2. Efecto de *Eichhornia crassipes* en la reducción de compuestos nitrogenados presentes en efluentes pesqueros.

En la figura 3 se puede observar que en el tratamiento T1, el nitrito evaluado se obtiene 0.001 ppm; con una tasa de remoción de 33.33 %, tal como se indica en la figura 4.

En el tratamiento T2, el nitrito evaluado indica 0.004 ppm con un 20.00 % de remoción.

En el tratamiento T3, el nitrito evaluado indica 0.0042 ppm con un 23.64 % de remoción.

Tabla 8. Análisis de Nitritos en muestras de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.

Parametros	Unidad	SEMANAS					SEMANAS					SEMANAS					control	
		control	S1	S1	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4		S5
		T0	T1	T1	T1	T1	T1	T2	T2	T2	T2	T2	T3	T3	T3	T3		T3
Nitritos	ppm	0.075	0.0045	0.004	0.0038	0.003	0.001	0.005	0.005	0.0042	0.004	0.004	0.0055	0.0052	0.005	0.0045	0.0042	0.0065

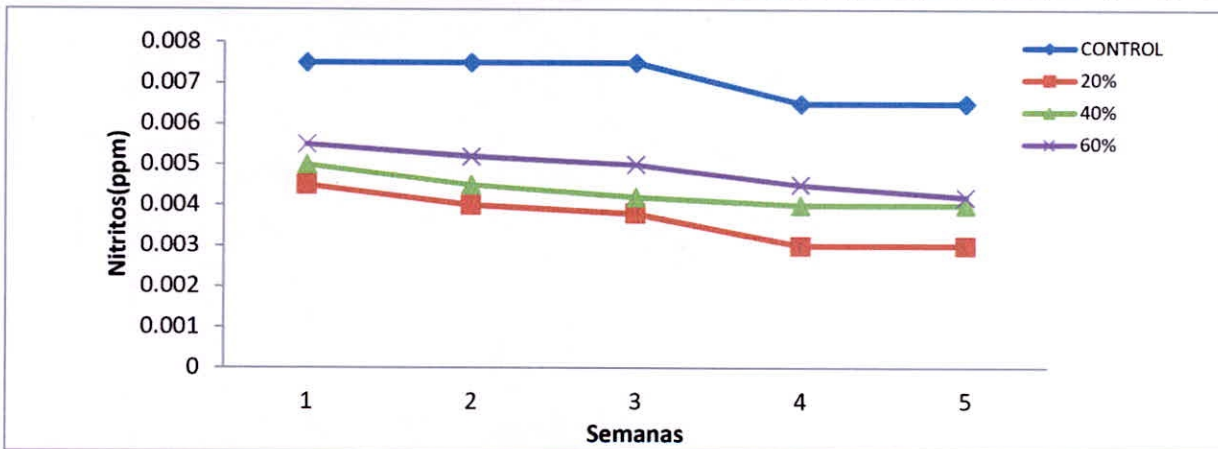


Figura 3. Variación del nitrito en efluentes pesqueros, diluidas al 20%, 40%, 60% en 5 semanas.

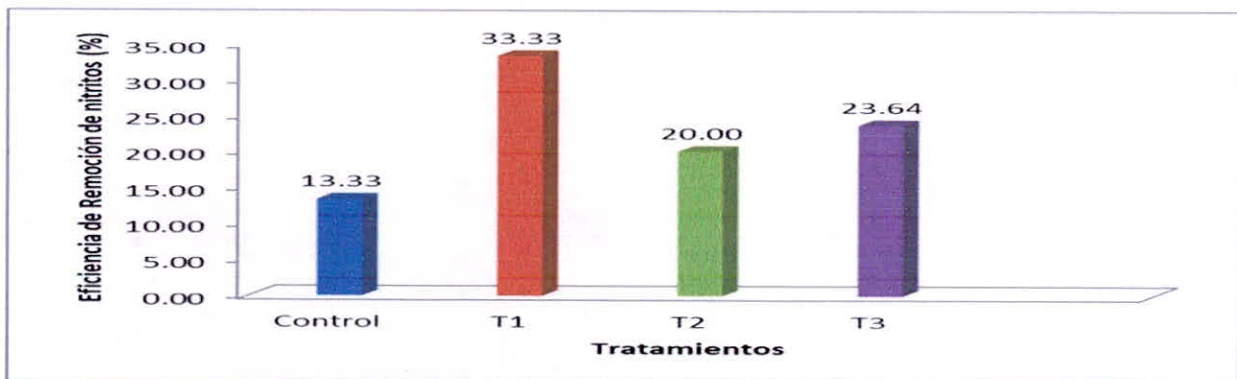


Figura 4. Tasa de remoción de nitritos de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.



En la figura 5 se puede observar que en el tratamiento T1, el nitrato evaluado se obtiene hasta 1.120 ppm con una tasa de remoción de 10.40 %, tal como se indica en la figura 6.

En el tratamiento T2, el nitrato evaluado indica 1.200 ppm con un 13.04 % de remoción. En el tratamiento T3, el nitrato evaluado indica 1.200 ppm con un 14.29 % de remoción.

Tabla 9. Análisis de Nitratos en muestras de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.

Parametros	Unidad	SEMNAS					SEMNAS					SEMNAS					control	
		control	S1	S1	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4		S5
		T0	T1	T1	T1	T1	T1	T2	T2	T2	T2	T2	T3	T3	T3	T3		T3
Nitratos	ppm	1.880	1.250	1.400	1.220	1.135	1.120	1.380	1.350	1.280	1.220	1.200	1.400	1.400	1.390	1.250	1.200	1.790

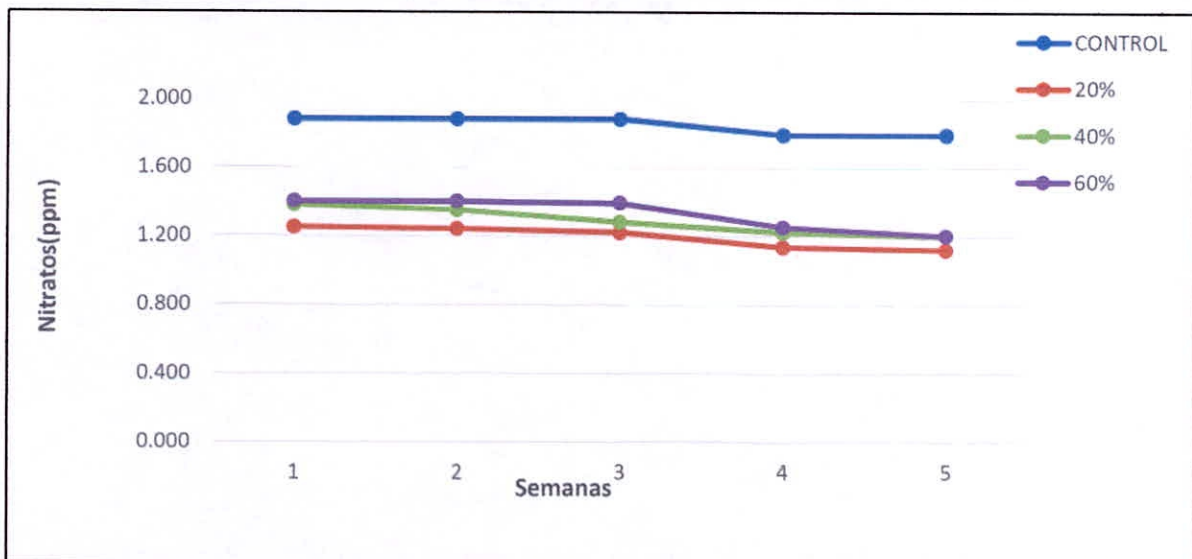


Figura 5. Variación del nitrato en efluentes pesqueros, diluidas al 20%, 40%, 60% en 5 semanas.

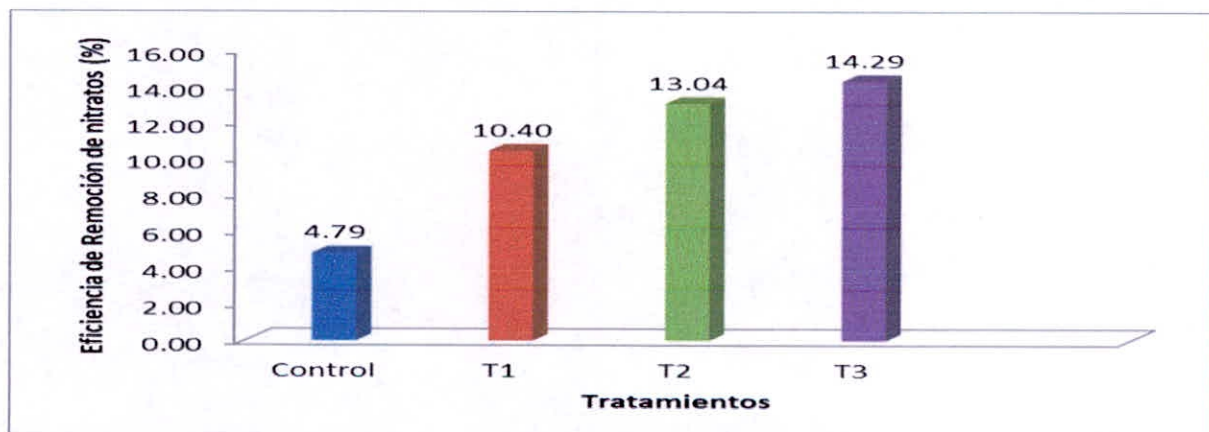


Figura 6. Tasa de remoción de nitratos de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%

**4.1.3. Efecto de *Eichhornia crassipes* en la reducción de compuestos sulfurados presentes en efluentes pesqueros.**

En la figura 5 se puede observar que en los tratamientos T1, T2 y T3 el sulfuro evaluado no varía de 0.001 ppm hasta un 0.001 ppm; indicando una tasa de 0 % de remoción.

Tabla 10. Análisis de Sulfuros en muestras de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.

Parametros	Unidad	SEMNAS						SEMNAS					SEMNAS					control
		control	S1	S1	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	
		TD	T1	T1	T1	T1	T1	T2	T2	T2	T2	T2	T3	T3	T3	T3	T3	
Sulfuros	ppm	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002

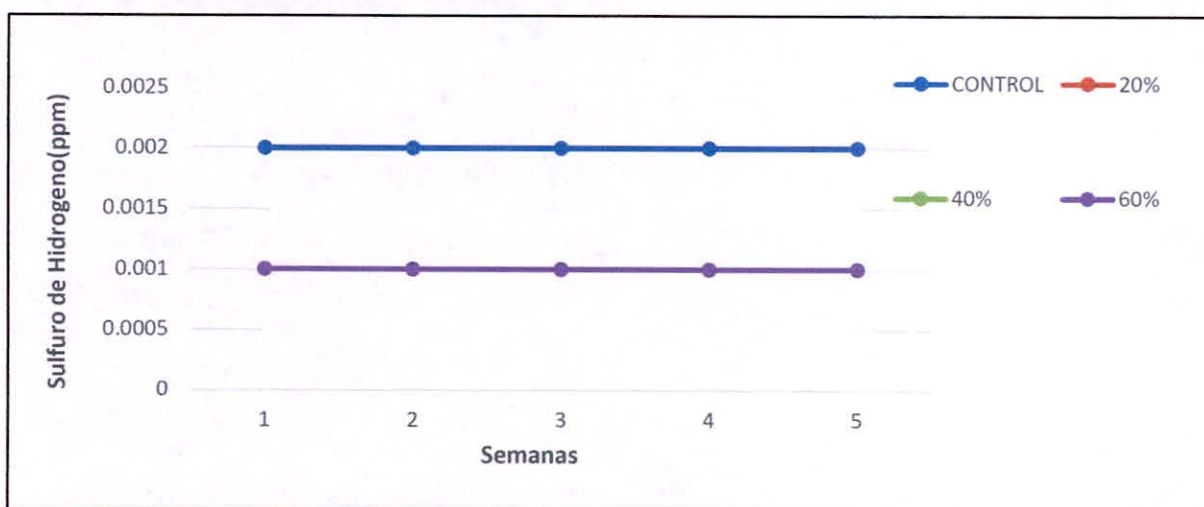


Figura 7. Variación del sulfuro en efluentes pesqueros, diluidas al 20%, 40%, 60% en 5 semanas.

**4.1.4. Efecto de *Eichhornia crassipes* en la reducción de compuestos fosfatados presentes en efluentes pesqueros.**

En la figura 8 se puede observar que en el tratamiento T1, el fosfato evaluado se obtiene 0.0097 ppm con una tasa de remoción de 3.0 %, tal como se indica en la figura 9.

En el tratamiento T2, el fosfato evaluado indica 0.0096 con un 4.0 % de remoción. En el tratamiento T3, el fosfato evaluado indica 0.00955 ppm con un 4.5 % de remoción.

Tabla 11. Análisis de Fosfatos en muestras de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.

Parametros	Unidad	SEMANAS					SEMANAS					SEMANAS					control	
		control	S1	S1	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4		S5
		T0	T1	T1	T1	T1	T1	T2	T2	T2	T2	T2	T3	T3	T3	T3	T3	T0
Fosfatos	ppm	0.0100	0.0100	0.0100	0.0098	0.0097	0.0097	0.0100	0.0099	0.0099	0.0096	0.0096	0.0100	0.0096	0.0096	0.00955	0.00955	0.0098

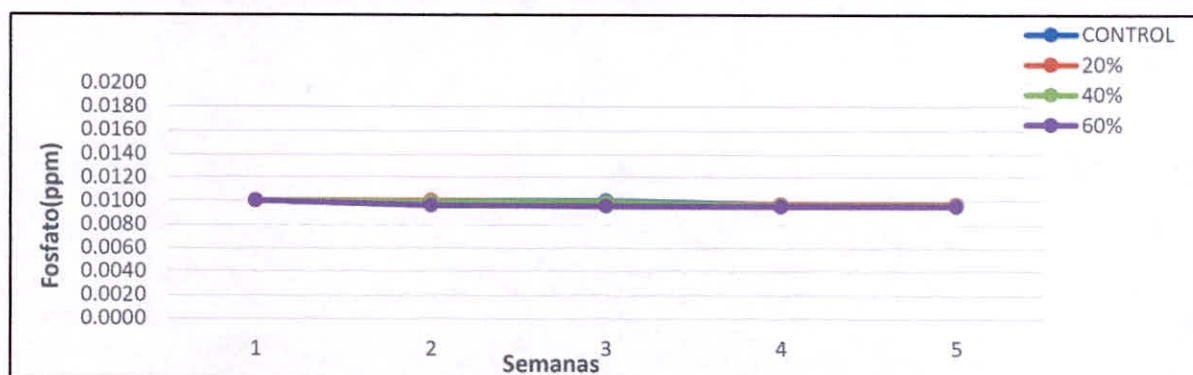


Figura 8. Variación del fosfato en efluentes pesqueros, diluidas al 20%, 40%, 60% en 5 semanas.

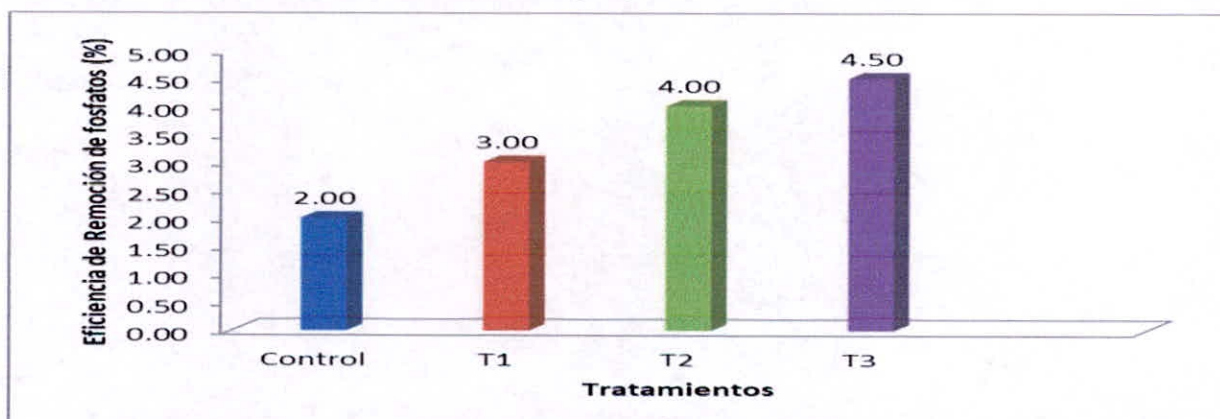


Figura 9. Tasa de remoción de fosfatos de efluentes pesqueros diluidas al 20%, 40%, 60%.

4.1.5. Estadística de los compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados

**Tabla 12. Estadísticos descriptivos de los tratamientos**

COMPUESTOS	$\bar{X}$	S	CV%	Mín. - Máx.
NITRITOS				
T1	0.003260	0.0013740	42.147	0.001 – 0.0045
T2	0.004440	0.0005177	11.659	0.004 – 0.0050
T3	0.004880	0.0005263	10.785	0.0042 -0.0055
NITRATOS				
T1	0.620000	0.2205675	35.575	1.120 –1.250
T2	1.286000	0.0786130	6.1129	1.200 – 1.380
T3	1.328000	0.0957601	7.2108	1.200 - 1.400
SULFURO DE HIDROGENO				
T1	0.001000	0.0	0.0	0.001 – 0.001
T2	0.001000	0.0	0.0	0.001 – 0.001
T3	0.001000	0.0	0.0	0.001 - 0.001
FOSFATOS				
T1	0.02560	0.0017516	6.8422	0.0097 – 0.0100
T2	0.003400	0.0011402	33.535	0.0096 – 0.0100
T3	0.003500	0.0013229	37.797	0.00955 -0.0100

**Tabla 13. Pruebas ANOVA para comparar los promedios de los tratamientos**

Tratamientos	Promedio	Prueba de Anova	Decisión
NITRITO	0.003260 0.004440 0.004880	F = 4,326 P = 0,038	P = 0, 038 (P<0,05) Existe diferencias significativas entre los tratamientos
NITRATO	0.620000 1.286000 1.328000	F = 83,118 P = 0,000	P = 0, 000 (P<0,05) Existe diferencias significativas entre los tratamientos
SULFITO	0,01000 0,01000 0,01000	F =	No se determina valor experimental de Fisher, por lo cual no es posible comparar el nivel de significancia. No existe diferencias entre los tratamientos
FOSFATO	0,002560 0,003400 0,003500	F = 232,528 P = 0,000	P = 0, 000 (P<0,05) Existe diferencias significativas entre los tratamientos

Tabla 14. Prueba de comparación de promedios de tratamientos de Duncan para los Nitritos

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T1 20	5	.003260	
T2 40	5		.004440
T3 60	5		.004880
Sig.		.060	.455

Tabla 15. Prueba de comparación de promedios de tratamientos de Duncan para los Nitratos

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T1 20	5	.620000	
T2 40	5		1.286000
T3 60	5		1.328000
Sig.		1.00	.607

Tabla 16. Prueba de comparación de promedios de tratamientos de Duncan para los Fosfatos

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T1 20	5	.002560	
T2 40	5	.003400	
T3 60	5	.003500	
Sig.		.271	

## 4.2. DISCUSIÓN

Las características iniciales del efluente pesquero sin tratamiento corresponden a un agua residual preparados en tres diluciones de 20, 40 y 60%, aplicando en todos ellos el efecto de *Eichhornia crassipes* según lo reportado en la literatura García, (2012). De manera similar, se comportaron los valores de temperatura, de pH, al inicio de los tratamientos, se reportan valores promedio de 23,0°C hasta 24,5°C y pH 7,10 hasta 7,17 u. El ligero incremento de pH indica la interacción de estos parámetros fisicoquímicos durante el proceso de biodegradación de la materia orgánica presente en el efluente industria pesquera. (Vymazal, 2011).

En cuanto a la temperatura como se indica en Tabla 7, hay un aumento de (23 °C a 24.5 °C) debido a las fluctuaciones del clima, no hay un incremento mayor a 1.5 °C en todos los controles, estando dentro del margen normal. Porque según Gonzáles (1995), el incremento mayor a 3 °C, dentro de un cuerpo de agua inicial, puede afectar el balance poblacional además reducir la solubilidad de oxígeno, lo que pondría en riesgo la supervivencia de algunas formas de vida acuática, en este caso de las bacterias que se alojan en la planta.

El incremento en los valores de pH encontrados en las tres muestras durante las cinco semanas, no es muy notorio como se indica tabla 7, (7.0 – 7.17) permite concordar con Michaud (1991) quien indica que las variaciones notorias de pH en el agua pueden aumentar la solubilidad del fosforo y otros nutrientes incrementando su disponibilidad y por ende interfiriendo en los resultados.

En cuanto al comportamiento de los tratamientos frente a las concentraciones de nitritos (Figura 3 y 4), T1 y T3 se observa las mejores tasas de remoción, con 33:00 y 23,64%, respectivamente, y con concentraciones de 0,001 ppm y 0,0065 ppm; con valores estadísticos de significancia  $p=0,038$  (Prueba de Anova) indicando que existe diferencias significativas entre los tratamientos

con *Eichhornia crassipes*. La remoción de nitritos fue mayor en T1, lográndose una concentración estadística promedio de 0,00326 ppm, para  $p= 0,060$ . Confirmando este valor estadístico en la Prueba de Duncan que son diferentes T1 de T2 y T3. Esta reducción se da a través de procesos químicos, Cervantes et al. (2000), como su utilización por los organismos como nutrientes de *Eichhornia crassipes*, clave para su crecimiento y síntesis de proteínas, especialmente, en forma de nitrato Romero et al. (2009), amonificación y nitrificación/denitrificación (Vymazal, 2011).

En el estudio se observa que la concentración de nitritos disminuye considerablemente en T1. Según Wheaton (1993), indica que disminuye conforme se va estableciendo la población saludable de Nitrosomonas. En este proceso la oxidación biológica de amonio es con la participación de oxígeno para dar lugar al nitrito. En este trabajo experimental se ha empleado inyección de aire a través de bombas de agua, lo cual es un factor que puede haber interferido en el resultado; que a pesar que T1 es el más diluido, con menos carga orgánica la remoción es mayor que T2 y T3. Por lo que es posible que en T1 las bacterias presentes en las raíces se han establecido muy rápidamente y con ello lograron una mejor remoción

El nitrito es un producto intermedio durante la nitrificación del amonio a través de la bacteria oxidante Nitrosomonas; es posible que la oxidación de amonio es más eficiente en un cuerpo de agua más diluido. (Chu Chen J. 2003).

En cuanto al comportamiento de los tratamientos frente a las concentraciones de nitratos (Figura 5 y 6), es en el tratamiento T3 en donde la mejor tasa de remoción es la de nitratos, con 14,29 %, con una concentración 1,2 ppm, con valores estadísticos de significancia  $p=0,00$  (Prueba de Anova) indicando que existe diferencias significativas entre los tratamientos con *Eichhornia crassipes*.

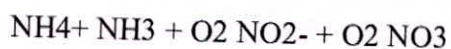


La remoción de nitratos fue mayor en T3, lográndose una concentración estadística promedio de 1,328 ppm, para  $p=0,0607$ . Confirmando este valor estadístico en la Prueba de Duncan que son diferentes T3 de T2 y T1.

Esta reducción de nitratos, se da a través de procesos oxidativos, como también su utilización por los organismos de la familia Nitrobacter; se asocia este proceso a las bacterias adheridas a las raíces de la planta, las cuales, consumen como alimento los restos orgánicos que estén presentes en el efluente (Parra & Chiang, 2014).

En cuanto al resultado de nitratos, en el tratamiento T3 hay un mejor proceso de remoción, comparando a T2, T1; pero comparando con el porcentaje de remoción del nitrito es mucho menor; posiblemente porque el pH promedio obtenido es de 7,17 porque la volatilización del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) puede dar lugar a la remoción significativa de nitrógeno, si el pH del agua es alto (mayor que 8,5). Sin embargo, a pH más bajo, el nitrógeno del amoniaco existe casi exclusivamente en forma ionizada (amonio,  $\text{NH}_4^+$ ), que no es muy volátil. (Benefield, L.D. & C.W. Randall, 1980)

A su vez, Guerrero et al., (1981) citado por Walstad (1999), explica que esta acumulación de nitrato se debe a que el amonio, eventualmente inhibe la absorción y la asimilación de los nitratos en una gran variedad de organismos, tales como plantas, algas y hongos. Dortch (1990). Es posible, según Walstad (1999). que las plantas comienzan a absorber nitratos después de que todo el amonio ha sido removido del agua. Las bacterias nitrificantes: Nitrosomonas y Nitrobacter que se encuentran en las raíces de *Eichhornia crassipes* se multiplican y van creciendo retirando estos compuestos nitrogenados disueltos a través de un proceso biológico conocido como Nitrificación:



Este nitrato es reducido por bacterias heterótrofas a nitrógeno moléculas gas; es un producto final durante la nitrificación del amonio y el principal componente del ciclo del nitrógeno es considerado menos toxico en comparación con el nitrito y el amoniaco (Chu Chen 2003).

En cuanto al resultado de sulfuros, no hay variación en los tratamientos T1, T2 y T3, por lo tanto, no se observó tasa de remoción. Según Contreras (1994) no es claro que la remoción de este gas contaminante sea por *Eichhornia crassipes*, indica que el azufre en forma de sulfatos tanto minerales como orgánicos es utilizado por todos los seres vivos, ya que los sulfatos son reducidos a grupos sulfhídricos durante la síntesis de proteínas. Pero dado el complejo comportamiento de degradación de la materia orgánica por las bacterias, es posible que parte de la remoción se deba a las bacterias que como refiere Wheaton (1993) ellas mismas utilizan la oxidación del ácido sulfhídrico y del azufre como fuente de energía para sus procesos vitales.

En las concentraciones de fosfatos (figuras 8 y 9), en el proceso de remoción con valores de 4.5 %, 4.00% y 3.00% respectivamente; es en el tratamiento T3 en donde supera ligeramente a T2 y T1, con valores estadísticos (Prueba de Anova) indicando que existe diferencias significativas entre los tratamientos con *Eichhornia crassipes*: con una significancia  $p=0,000$ . La remoción de fosfatos fue mayor en T3, lográndose una concentración estadística promedio de 0,03500 ppm, para  $p= 0,271$ . Confirmando este valor estadístico en la Prueba de Duncan que son diferentes T3 de T2 y T1. Esta reducción se considera bajo porque hay nutrientes en el efluente; pero este porcentaje según lo citado por Brix (1987), se puede atribuir a la ausencia de un lecho de soporte, capaz de retener el fósforo, a través de mecanismos, como la precipitación y la adsorción; así como por un posible incremento en las concentraciones de fósforo inorgánico, como consecuencia de la actividad microbiana anaerobia (Hiley, 1995).

Asimismo, estos resultados se pueden asociar al hecho que la eliminación de fósforo en sistemas con plantas flotantes, se debe a su consumo en el proceso de fotosíntesis, integrándose a su metabolismo de las macrófitas, bajo diversas formas iónicas, principalmente los fosfatos (Romero et al. ,2009).

Esta remoción es eficiente hasta que el medio se satura, lo cual, genera que los procesos sean limitados y se reduzca su asimilación (Karpiscak & Foster, 2000).

En el tratamiento de remoción se incorporó una bomba pequeña de agua, por lo cual es posible la interferencia en los resultados porque la remoción se asocia a procesos físicos, como la filtración generada por el lecho o la sedimentación. (Parra & Chiang, 2014).

El efluente pasa por el Trommel (cilindro rotativo filtrador de materia orgánica), en el que son filtrados sólidos mayores a 0.5 mm, a través de malla Jhonson; siendo retenida la mayor carga orgánica biodegradable, con ello limitando también las condiciones de desarrollo de las bacterias que consumirían el oxígeno presente en el efluente por ello se consideró no realizar la prueba de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ). Tal como se describe en el Plan Complementario Pesquero, aprobado con R.D N° 15-2010-PRODUCE /DIGAAP.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el efecto del uso de *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de compuestos nitrogenados - Nitritos de efluentes pesqueros a diferentes concentraciones; es el T1 con una tasa de remoción de 33.33 %.
2. Se determinó que el efecto del uso de *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de compuestos nitrogenados - Nitratos de efluentes pesqueros a diferentes concentraciones; es el T3 con una tasa de remoción de 14.29%.
3. Se determinó que el efecto de *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de compuestos sulfurados a diferentes concentraciones de efluentes pesqueros; no hay variación en los tratamientos T1, T2 T3, no se observa tasa de remoción.
4. Se determinó que el efecto de *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de compuestos fosfatados a diferentes concentraciones de efluentes pesqueros; es el T3 con una tasa de remoción de 4.50%.
5. El efecto de *Eichhornia crassipes* en los efluentes pesqueros en las diferentes concentraciones de los compuestos nitrogenados, sulfurados y fosfatados, no es muy significativo a excepción del nitrito al 20 %.

## 5.2. RECOMENDACIONES

1. Repetir esta investigación en mayor volumen de agua controlando la propagación de *Eichhornia crassipes*, para que se facilite la generación de corriente de aire natural, tal que la planta puede crecer robustamente y la eficiencia de remoción de gases contaminantes se incremente.
2. La toma de muestra para nitritos y nitratos se debe realizar de preferencia en campo, de lo contrario seguir el Protocolo para muestras distantes a laboratorio.
3. A las empresas artesanales de corte primario que no cuentan con un Plan Adecuación Ambiental aprobado; esta técnica de fitorremediación representa una alternativa en su constante preocupación por mejorar y optimizar su tratamiento de efluentes pesqueros. Es una alternativa para minimizar el impacto negativo que ocasionan al cuerpo marino, al evacuar sus efluentes sin utilizar ningún proceso de tratamiento.
4. Asimismo, con el uso de esta técnica de fitorremediación es posible conseguir una reducción significativa de los costos de inversión, en comparación a los sistemas de tratamientos convencionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahumada, R. & Rudolph, A. (1989). Residuos Líquidos de la Industria Pesquera: alteraciones ambientales y estrategias de eliminación, págs. 16. Área de Biología y Tecnología del Mar, Departamento de Oceanografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vol. V - Nº 1: 147-161. Sede Talcahuano, Chile.
- Álvarez M., Claudia, Medina L. (2010). La industria Pesquera y su Influencia en la Contaminación Ambiental. Contaminación de Ambientes Acuáticos. Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Pesquería. Lima. Perú.
- Alvarado, L. (1992). Utilización de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de nitratos y fosfatos de un efluente tratado biológicamente. (Tesis para optar grado de Maestro en Ingeniería Sanitaria). Universidad de San carlos, Guatemala. Pp.:32.
- APHA (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. Washington D.C. 937 p.
- Arias S., Betancur F., Gómez G., Salazar J., Hernández M. (2010). Fito remediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. Colombia.
- Atilio E. (2012). Contaminación. Universidad Nacional de Catamarca. Artículo publicado por la Editorial Científica Universitaria. Argentina. ISSN: 1852-3013
- Benítez R., Calero V., Peña E., Martín J. (2011). Evaluación de la cinética de la acumulación de cromo en el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) Rev.Bio.Agro vol.9 no.2 Popayán – Colombia.

Benefield, L.D. & C.W. Randall (1980). Biological process design for wastewater treatment. Prentice - Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.

Bonilla Barbosa, J. R. (2013). Flora acuática vascular del estado de Hidalgo: Cuenca hidrológica del Río Moctezuma, México. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. FM026. México D. F.

Brix H. (1987). Treatment of wastewater in the rhizosphere of wetlands plants the root zone method. Water Sci. Technol. (Inglaterra). 19:107-118.

Brix H., Arias C. y Bubba M. (2001). Media selection for sustainable phosphorus removal in subsurface flow constructed wetlands. Water Sci. Technol. 44, 47-54.

Chen S, Ling J, Blancheton J, P (2006). Nitrification Kinetics of biofilm as affected by water quality factors. Aquacultural engineering. 34:179-97.

Chu Chen J. (2003). Manejo de desechos nitrogenados de ambientes acuícolas. El Department of aquaculture National Taiwan Ocean University. Volumen 8. <http://lind.ntou.edu.tw/~jcchen/pub>

Campanella, M.V., H. Hadad, M. Maine y R. Markariani, 2005. "Efectos del fósforo de un efluente cloacal sobre la morfología interna y externa de *Eichhornia crassipes* (Mart. Solms) en un humedal". *Limnetica*, 24(3-4): 263-272.

Cárdenas Calvachi Gloria L. Sánchez Ortiz Iván A. (2012). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. Universidad de Nariño de Colombia Rev. Universidad y Salud. 2013 Vol.15 (1) págs... 72-78.

- Cárdenas C, Perruolo T, Ojeda M, Chirinos M, Yabroudi S, et al. (2006). Evaluación del proceso de nitrificación y desnitrificación en el tratamiento de aguas residuales utilizando un reactor por carga. *Ciencia*; 75-87.
- Castañeda, B. y C. Marco, 2007. *Tratamiento y aprovechamiento de los efluentes generados en la industria cárnica*. Asociación para Investigación en Tecnologías Apropriadas S.C. pp. 1-10.
- Cervantes-Carrillo F., Pérez J. y Gómez J. (2000). Avances en la eliminación biológica del nitrógeno de las aguas residuales. *Rev. Latinoam. Microbiol.* 42, 73-82. Microbiología. [www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2000/mi002e.pdf](http://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2000/mi002e.pdf)
- COFEPRIS Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitario. (2005). "Guía para la administración de rastro y mataderos municipales". México DF, octubre, 24 pp.
- Contreras, F. (1994). *Manual de técnicas hidrobiológicas*. Editorial Trillas. Primera edición. Universidad Nacional Autónoma Metropolitana. México. Pp.: 93.
- Corantioquia (2005). *Evaluación de la calidad del agua*. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. Informe Corantioquia, Medellín. Colombia.
- Cristóbal Carrión, *Claudia Ponce*-de León, Silke Cram, Irene Sommer, Manuel Hernández, Cecilia Vanegas (2011). Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en xochimilco para fitorremediación de metales, Universidad Nacional Autónoma de México *Rev. Bio. Agro* vol.9no.2. 04510.
- Crites R, Tchobanoglous G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. New York: McGraw-Hill.



Dirección General de Asuntos Ambientales. (1969). Ley general de aguas, 24 de Julio, num. 17752, p. 32. Recuperado de <http://hrlibrary.umn.edu/research/Peru-Ley%2017752.pdf>

Dirección General de Asuntos Ambientales. (1997). Ley de Evaluación de impacto ambiental para obras y actividades, 13 de mayo.

Recuperado <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~tvelasquez/126786.pdf>

Dirección General de Salud Ambiental. (2008). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua.

[www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/informe\\_tecnico\\_gesta\\_agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/informe_tecnico_gesta_agua.pdf)

Dortch (1990). Interacción entre la captación de amonio y nitrato en el fitoplancton.

[https://www.researchgate.net/publication/250214937\\_The\\_Interaction\\_Between\\_Ammonium\\_and\\_Nitrate\\_Uptake\\_in\\_Phytoplankton](https://www.researchgate.net/publication/250214937_The_Interaction_Between_Ammonium_and_Nitrate_Uptake_in_Phytoplankton)

Duncan, M. y S. Calncross, 1990. *Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura*. Organización Mundial de la Salud. 21 pp.

El peruano (1997). Perú. La ley general de salud, 20 de Julio, núm. 26842, p. 151245. Recuperado <http://www.minsa.gob.pe/ogpp/app/Normatividad/Ley%20general%20de%20salud%2026842.pdf>

El peruano. (1997). Aprueban protocolo de monitoreo de efluentes de la industria pesquera de consumo humano indirecto. RESOLUCION MINISTERIAL N° 721-97-PE. Recuperado de <http://faolex.fao.org/docs/pdf/per11244.pdf>

El peruano. (2008). Límites máximos permisibles (LMP) para la industria de harina y aceite de pescado y normas complementarias. DECRETO SUPREMO N° 010-2008-PRODUCE.

Recuperado de <http://www.itp.gob.pe/webitp/images/normatividad/ANS%20ActuaNormNacional%20Abr14/DECRETO%20SUPREMO/DECRETO%20SUPREMO%20010-2008-PRODUCE.pdf>

El peruano. (2011). Aprueban Protocolo Nacional del Agua. Resolución Jefatural N° 182 -2011.

Recuperado de [www.ana.gob.pe/.../autoridad-nacional-del-agua-aprueba-protocolo-nacional-de-moni...](http://www.ana.gob.pe/.../autoridad-nacional-del-agua-aprueba-protocolo-nacional-de-moni...)

El peruano (2016). Aprueban Decreto Legislativo 1284. Fondo de Inversión Agua Segura

dependiente del Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-del-decreto-legisl-decreto-supremo-n-009-2017-vivienda-1513187-9/>

El peruano. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen

Disposiciones Complementarias. DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Recuperado de <file:///C:/Users/Pc/Downloads/ds-004-2017-minam.pdf>

Enríquez & Bustos (1987). La contaminación del mar con la descarga de pescado, págs. 3-23.

En: Encuentro Comunidad e Industria Pesquera. Editado por Municipalidad de Talcahuano, Chile. 222 pp.

Eutrofización: efectos de contaminación del agua y su tratamiento (2016) Soluciones

Medioambientales y aguas S.A. <http://www.smasa.net/eutrofizacion/>

FAO/Banco Mundial (2001). Programa de Cooperación Perú: Asuntos Ambientales y Opciones Estratégicas. Reporte Final.

Faith, M. (2010). Evaluación de la Calidad Química y Microbiológica del Efluente de dos Digestores a Escala en el ITCR para su Utilización como Bioabono en Ensayos de Invernadero. Informe para Optar al título de Bachiller en Ingeniería en Biotecnología. Costa Rica.

Flores M., 2007. Efecto de los tratamientos fisicoquímicos biológicos en la digestión anaerobia de aguas residuales de rastro. Tesis en especialidad en Biotecnología. UAM-Iztapalapa. 9 pp.

Garcia, Z. M. (2012). Comparación y Evaluación de Tres Plantas Acuáticas Para Determinar la Eficiencia de Remoción de Nutrientes en el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas. (Tesis de título, Universidad Nacional de Ingeniería). [http://www.lima-water.de/documents/zgarcia\\_tesis.pdf](http://www.lima-water.de/documents/zgarcia_tesis.pdf)

Gonzales, J. (1995). Tratamiento de Agua en la Industria Pesquera. Documento mecánico de la FAOsobre pesca N° 355.Roma.FAO PP 1-52

Hickin, E. (1995) Geomorfología fluvial Chichesler, New York. Wiley. pp. 1-255.

Hiley, P. (1995). The reality of sewage treatment using wetlands. Water Sc. Technol. 32:329-337.

Huber, R., Ruitenbeek, J, and Seroa da Motta, R. (1998). Economic Instruments for Environmental Policy Making in Latin America and the Caribbean: Lessons from Eleven Countries. The World Bank. Washington, Estados Unidos.D.C.

IMARPE (2007). Bahía El Ferrol, Chimbote, Perú: una visión integral de sus recursos marinos vivos y su ambiente. 2001- 2005. Informe IMARPE; vol. 34 N° 1

[biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2322](http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2322)

Junge, H. (1959). Tecnología de los productos del mar. Harina de pescado para consumo animal, págs. 110-116. In: Explotación Pesquera y Aprovechamiento de los Productos de la Pesca en Chile. Primer Congreso de Ingeniería Química. Instituto de Ingenieros Químicos de Chile. Concepción, Chile. Vol. III, 306 pp.

Karpiscak, W.; Foster, A. (2000). Nutrient and heavy metal uptake and storage in constructed wetland systems in Arizona wetland systems for water pollution control. *Water Sci. Technol.* 3:1271-1278.

Kelly, A. Reynolds, R., (2002). "Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica Identificación del Problema". *Agua Latinoamericana*, 2(5): 1-4.

Klumpp, A., K. Bauer, C. Franz-Gerstein, and M. De Menezes. (2002). Variation of nutrient and metal concentration in aquatic macrophytes along the Rio Bachoeira in Bahia (Brazil). *Env. Int.* 28: 165-171.

León, M. & Lucero, A. M. (2009). *Estudio de Eichhornia crassipes, Lemna gibba y Azolla filiculoides en el tratamiento biológico de aguas residuales domesticas en sistemas comunitarios y unifamiliares del cantón cotacachi.* (Tesis de título, Universidad Técnica del Norte).

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/102/1/03%20REC%20108%20TESIS.pdf>

- Lema J.M. (1998). Eliminación biológica del nitrógeno en aguas residuales. Revista Galegado Ensino.1998; 19:49-73.
- López Daniela (2012). Aprovechamiento del lechuguín "*Eichhornia crassipes*" para la generación de abono orgánico mediante la utilización de tres diseños diferentes de biodigestadores. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Cuenca-Ecuador.
- Lot Antonio (2012). Las Monocotiledóneas acuáticas y subacuáticas de México. Acta Botánica Mexicana, núm. 100, 2012, pp. 135-148. Instituto de Ecología, A.C.Pátzcuaro, México D.F.
- Luna, V.; Ramírez, H. (2004). Medios de soporte alternativos para la remoción de fosforo en humedales artificiales. Rev. Internal. Contam. Amb. (México). 20(1):31-38.
- Llagas Chafloque W. Guadalupe Gómez E. (2006). Diseño de humedales artificiales parciales para el Tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 15, N° 17, 85-96
- Marín, J. Chinga, C. Velásquez, A. Gonzales, P. Zambrano, L. (2015). Tratamiento de aguas residuales de una industria procesadora de pescado en reactores anaeróbicos discontinuos. Ciencia en Ingeniería Tratamientos de Aguas Neograndina, 25 (1), PP.27 – 42.
- Martelo, J. & Lara, J. A. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. Revista Ingeniería y ciencia, 8 (15), 221–243.
- Metrólogos Asociados (2010). Conceptos Temperatura, ph. La Guía Metas & LGM. Method 180.1 USEPA Jalisco México. <http://slideshowes.com/doc/386448/diapositiva-1>

Mesino, Rivero (2006). Desarrollo de Modelo para la implementación de la sustentabilidad en las empresas del municipio de Durango. Instituto Tecnológico de Durango. Ingeniería Industrial. México.

Michaud, J. (1991). Una Guía Ciudadana para Comprender y Monitorear Lagos y Arroyos. Departamento de Ecología del Estado de Washington. USA Oficina de Publicaciones. Olympia p.13.

Ministerio de la Producción. (2001). Decreto Supremo N° 012-2001 – PE Establece el Plan Ambiental Complementario Pesquero para la bahía Paracas. Resolución Ministerial N° 003-2002 -PE Recuperado de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=5930](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=5930)

Ministerio de la Producción. (2007). Decreto Supremo N° 020-2007 – PRODUCE. Establece el Plan Ambiental Complementario Pesquero para la bahía El Ferrol. Recuperado de [www2.produce.gob.pe/dispositivos/publicaciones/2007/.../ds007-2007-produce.pdf](http://www2.produce.gob.pe/dispositivos/publicaciones/2007/.../ds007-2007-produce.pdf)

Ministerio de la Producción. (2013). Protocolo para el monitoreo de efluentes y cuerpo hídrico receptor para establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto. RM N° 293-2013-PRODUCE. Recuperado de <http://www2.produce.gob.pe/dispositivos/publicaciones/rm293-2013-produce.pdf>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2001). Ley del sistema nacional de evaluación del impacto ambiental. Ley N° 27446. Recuperado de [http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Portals/0/Turismo/Gestion%20Ambiental/pdfs/Ley\\_27446\\_SNEIA\\_SEIA.pdf](http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Portals/0/Turismo/Gestion%20Ambiental/pdfs/Ley_27446_SNEIA_SEIA.pdf)

Ministerio del ambiente (MINAM). (2005). Ley general del ambiente N° 28611. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>

Ministerio del ambiente (MINAM). (2008). Aprueban los estándares nacionales de calidad ambiental para agua DECRETO SUPREMO N° 002-2008-MINAM. Recuperado de [http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/GFE/Normativa/8%20Normativa%20Medio ambiental/DS.002.2008.MINAM.pdf](http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/GFE/Normativa/8%20Normativa%20Medio%20ambiental/DS.002.2008.MINAM.pdf)

Ministerio del ambiente (MINAM). (2009). Ley del sistema nacional de evaluación y fiscalización ambiental. Ley N° 29325. Recuperado de <http://www.congreso.gob.pe/ntley/Imagenes/Leyes/29325.pdf>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018). Proyecto de Decreto Supremo que aprueba los Límites Máximos Permisibles para efluentes de establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto.

<http://www.minam.gob.pe/disposiciones/resolucion-ministerial-n-230-2018-minam/>

Miranda, M. y K Ilangovan, 1996. "Uptake of lead by *Lemna gibba*: influence on Specific Growth Rate a Biochemical Changes". *Bull. Environm Contam Toxicol.*, 56: 1000-1007.

Montoya, J.; Ceballos, L.; Casas, J.; Morató, J. 2010. Estudio comparativo de la remoción de materia orgánica en humedales construidos de flujo horizontal subsuperficial usando tres especies de macrófitas. *Rev. EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia (Colombia)*. 14:75-84.

Nuñez A., Meas, y Ortega R., y Olgún, E. (2004). Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones. *Revista. Ciencia Academia Mexicana.*

- OEFA (2013). Glosario. Recuperado de <http://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2013/02/anexo2.pdf>
- Olivares–Rieumont, S., L. Lima, D. De La Rosa, D. W. Graham, I. Columbie S. J. L., and M. J. Sánchez. (2007). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as indicators of heavy metals impact of a large landfill on the Almendares river near Havana, Cuba. *Bull. Env. Contam. Toxicol.* 79: 583–587.
- ONU (1987).” Desarrollo sostenible.” Informe Brundtland ; política noruega Gro Harlem Brundtland o conocido también como Nuestro Futuro Común. Comisión Mundial del medio ambiente y desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas.
- Ovalles Francisco (2006). Manejo Sustentable de los Recursos Naturales en América Latina y el Caribe: Oportunidades y Desafíos de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Cooperación. Foro de las Américas para la Investigación y el Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Maracaibo, Venezuela.
- Paredes C., P. (2014). Producción más limpia y el manejo de efluentes en plantas de harina y aceite de pescado. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial* 17(2), 72-80.
- Parra, C. (2018). Análisis del carbón activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la empresa “Curtiembre Quisapincha” del cantón Ambato provincia de Tungurahua. Ecuador.
- Parra, I. Chiang, G. (2014). Modelo integrado de un sistema de Biodepuración en origen de aguas residuales domiciliarias. Una propuesta para comunidades periurbanas del centro sur de Chile. *Gestión Ambiente (Colombia)*. 16(3):39-51.



- Pedraza, G., 1994. "Reciclaje del efluente de origen animal con tres especies de plantas acuáticas (en línea)". *Livestock Research for Rural Development*, 6(1): 12 pp.
- Peña, C. (2001). Toxicología ambiental: evaluación de riesgos y restauración ambiental. Estados Unidos.
- Peña, E.; Madera, C.; Sánchez, J.; Medina, J. (2013). Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación: caso *Heliconia psittacorum* (heliconiaceae). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 27(145):469-481.
- Plan Ambiental Complementario Pesquero Para la Recuperación de la Bahía El Ferrol (2012). Informe S.G.S. Chimbote. D.S N°020 – 2007 – Produce.
- Ramos, M. G.; Rodríguez, L. M. & Martínez, P. (2007). Uso de Macrófitas acuáticas en el tratamiento de aguas para el cultivo de maíz y sorgo. *Revista Scielo*, 1(17), 07-15.
- Rodríguez, J., G. Sosa y Y. Garza, 2002. "Bioconversión anaerobia como una alternativa para la remoción de DQO contenido en agua residual del rastro municipal de la ciudad de Saltillo, Coahuila México 2. *Rev. Soc. Química de México*, 2(2): 185-188.
- Romero, J., 2001. *Tratamiento de aguas residuales*. Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia. 1232 pp.
- Romero, L., Ortiz et al, (2011). Uso de Hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento de agua residual de rastro. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa México. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682011000100010](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682011000100010)

- Romero, M. Colín, A. Sánchez, E. Ortiz. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: Evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Rev. Internal Contam. Amb.* 25(3):157-167. México C.P. 50120  
[www.scielo.org.mx/pdf/rica/v25n3/v25n3a4.pdf](http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v25n3/v25n3a4.pdf)
- Rodgers, J., D. Cherry y R. Guthrie, 1978. "Cycling of elements in duckweed (*Lemna perpusilla*) in an ash settling basin and swampy drainage system". *Wat. Res.*, 12: 756-770.
- Rubio, Rodríguez N, Beltrán S, Jaime I, De Diego SM, Sanz MT, Carballido JR. (2010). Production of omega-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: A review. *Innov. Food Sci. Emerg.* 11, 1–12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2009.10.006>
- Saldarriaga, Y. D; Malca, A. L. (2005). Utilización de *Eichhornia crassipes* en la remoción de gases contaminantes en el cultivo de *Penaeus vannamei* En Agua Dulce Tumbes, Perú.
- Salgado, I.; Durán, C.; Cruz, M.; Carballo, M.; Martínez, A. (2012). Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica en el tratamiento aerobio de aguas residuales en reactores UASB and EGSB. *Biores. Technol.* 65(3):175-190.
- Sánchez, V. (1991). Efecto del Agua Residual en el Desarrollo-Interacción del Lirio Acuático (*eichhornia crassipes*) (Mart y Zucc) (Solms.) y el Perifiton de la zona Rizoidal. (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León). Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/7371/1/1020091459.PDF>
- Sierra Beltrán, A. P. (2000), "Posibilidades para el monitoreo ambiental y biológico en BAC mexicanos como una estrategia para la prevención, detección y mitigación de floraciones algales nocivas", en D. Lluch Belda, J. Elourduy Garay, S. E. Lluch Cota y G. Ponce Díaz

- (comps.), BAC, Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano, México, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., pp. 29-48.
- Signorini, M, S. Civit, M. Bonilla, M. Cervantes, M. Calderón, A. Pérez, M. Espejel, C. Almanza, 2006. Manual para la evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales. 1-62 pp.
- Superintendencia nacional de servicios de saneamiento (2016). SUNASS y GIZ presentan estudio sobre la situación de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Recuperado de <http://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/noticias/item/859-sunass-y-giz-presentan-estudio-sobre-la-situacion-de-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales>
- Timmons M, Ebeling J. (2010) Recirculating Aquaculture, New York: Northeastern Regional Aquaculture Center.
- UNESCO (2012). Educación para el Desarrollo Sostenible. Recuperada de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002167/216756s.pdf>
- Unión Europea (2010). Directiva 2010/75/UE. Sobre las emisiones industriales prevención y control integrados de la contaminación. Bruselas. Parlamento Europeo y del Consejo pp 22. 28. 54 y 56.
- United States Environmental Protection Agency (18 de diciembre de 2017). Nutrient Pollution Web Washington D.C.EPA.
- Vesk, P. A., C. E. Nockolds, and W. G. Allaway. (1999). Metal localization in water hyacinth roots from an urban wetland. *Plant Cell Environment*, 22: 149–158.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MUESTREO DE EFLUENTES EN EL ESTABLECIMIENTO PESQUERO



Figura 7.  
Toma de muestra en la empresa conservera.



Figura 8.  
Tamizado de la muestra

## ANEXO 2

### RECOLECCION DE LAS MUESTRAS



Figura 9. Toma de muestra para los análisis de nitritos



Figura 10. Toma de muestra para análisis de nitratos

### ANEXO 3

#### TRATAMIENTO A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE EFLUENTE PESQUERO



Figura 11. Muestra de recipientes con agua de caño para tratamiento al 20%(T1)



Figura 12. Preparación de dilución del tratamiento al 20%(T1)

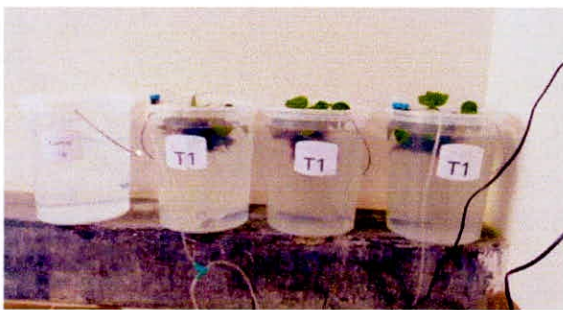


Figura 14. Tratamiento al 20%(T1) con la planta *Eichhornia crassipes*



Figura 13. Selección de la planta *Eichhornia crassipes*

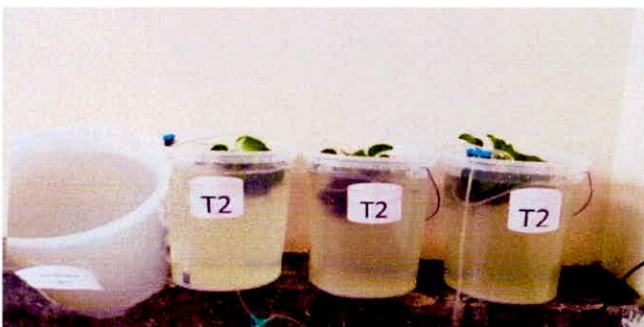


Figura 15. Tratamiento al 40%(T2) con la planta *Eichhornia crassipes*



Figura 16. Tratamiento al 60%(T3) con la planta *Eichhornia crassipes*

#### ANEXO 4

### RESULTADOS DEL TRATAMIENTO A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE EFLUENTE PESQUERO



Figura 17. Tratamiento al 20%(T1) con la planta *Eichhornia crassipes*



Figura 18. Tratamiento al 40%(T2) con la planta *Eichhornia crassipes*



Figura 19. Tratamiento al 60%(T3) con la planta *Eichhornia crassipes*



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 046**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180619-004**

Pág 1 de 1

SOLICITADO POR : NORMA REYES VERIAU  
 DIRECCIÓN : AV Meiggs 900 Florida Baja - Chimbote  
 PRODUCTO DECLARADO : AGUA RESIDUAL.  
 CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestras  
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de plástico con tapa.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2018-06-15  
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2018-06-15  
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2018-06-26  
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
 ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.  
 CÓDIGO COLECBI : SS 180615-7

**RESULTADOS**

Punto de Muestreo	Fecha	Hora	Coordenadas UTM	
			UTM Este X	UTM Norte Y
Planta de Tratamiento de Efluente	2018.06.15	12.20	0765958	8995116

ENSAYOS	MUESTRA
	Planta de Tratamiento de Efluente
Oxígeno Disuelto (mg/L)	4.7
(*) Nitratos (mg/L)	0.58
(*) Nitritos (mg/L)	0.0038
(*) Fosfatos (mg/L)	0.0098

(\*) Los métodos indicados aún no han sido acreditados por INACAL-DA.

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

**Nitratos:** SMEWW 23rd Edition 2017 4500 NO<sub>3</sub> E

**Nitritos:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 22nd Ed. 2012 4500 NO<sub>2</sub> B

**Fosfatos:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Ed. 2017. Phosphorus. Ascorbic Acid Method.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos 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
- No afecta al proceso de Dimensión por ser la muestra Producto Perecible.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Junio 30 del 2018.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos  
 Gerente de Laboratorios  
 COLECBI S.A.C.

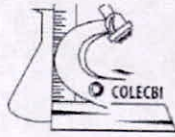
LC-MP-HRIE  
 Rev. 04  
 Fecha: 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752  
 Nextel: 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127  
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe





**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 046**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180615-007**

Pág 1 de 1

SOLICITADO POR	<b>NORMA REYES VERIAU</b>
DIRECCIÓN	: Av. Enrique Meiggs 900 Florida Baja Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO	: <b>AGUA RESIDUAL.</b>
CANTIDAD DE MUESTRA	: 05 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Frasco de plástico con tapa, frasco de vidrio ámbar con tapa.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2018-06-19
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2018-06-19
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2018-07-04
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: <b>SS 180619-4</b>

**RESULTADOS**

Punto de Muestreo	Fecha	Hora	Coordenadas UTM	
			UTM Este X	UTM Norte Y
Planta de Tratamiento de Efluente	2018.06.19	15:50	0765958	8995116

ENSAYOS	MUESTRA
	Planta de Tratamiento de Efluente
Oxígeno Disuelto (mg/L)	5.22
(*) Nitratos (mg/L)	0.68
(*) Nitritos (mg/L)	0.003
(*) Fosfatos (mg/L)	0.0097

(\*) Los métodos indicados aún no han sido acreditados por INACAL-DA.

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

**D.B.O<sub>5</sub>**: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test

**Oxígeno Disuelto**: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-D C, 22nd Ed. 2012 (incluye MUESTREO). Oxygen (Dissolved). Azide Modification

**Nitratos**: SMEWW 23rd Edition 2017 4500 NO<sub>3</sub> E

**Nitritos**: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 22nd Ed. 2012 4500 NO<sub>2</sub> B

**Fosfatos**: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Ed. 2017. Phosphorus. Ascorbic Acid Method.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos 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
- No afecto al proceso de Dirimencia por ser la muestra Producto Perecible.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Julio 05 del 2018.

GVR/jms

  
 A. Gustavo Vargas Ramos  
 Gerente de Laboratorios  
 C.B. 326  
 COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE  
Rev. 04  
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME  
SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752  
 Nextel: 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127  
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe