

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Optimización de la densidad de la *Eichhornia crassipes* “jacinto de agua” para remoción de fósforo, Ancash-2017.**

**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil**

**Autor**

García Hervias, Richar Alexis

**Asesor**

Salazar Sánchez, Dante

Chimbote – Perú

2019

## ÍNDICE

### Contenido

Titulo	i
Palabras clave – Key words – Línea de investigación	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
I. Introducción	1
II. Metodología	36
III. Resultados	50
IV. Análisis y discusión	62
V. Conclusiones y recomendaciones	66
VI. Referencias bibliográficas	69
VII. Anexos y apéndices	76

## Lista de Tablas

Tabla 1. Composición química de la Eichornia Crassipes	22
Tabla 2. Técnicas e Instrumentos de investigación	38
Tabla 3. Caracterización del Agua Sedalib	50
Tabla 4. Niveles de pH en muestras Patrón	50
Tabla 5. Fósforo Total en muestras Patrón	51
Tabla 6. Masa de cada muestra Patrón	53
Tabla 7. Nivel del agua en cada muestra Patrón.	53
Tabla 8. Niveles de pH en 7 y 14 días en muestras experimentales.	54
Tabla 9. Fósforo Total en 7 y 14 días en muestras experimentales.	56
Tabla 10. Masa en 7 y 14 días en muestras experimentales	58
Tabla 11. Nivel del agua en 7 y 14 días en muestras experimentales.	60

## Lista de Cuadros

Cuadro 1. Límites Máximos Permisibles	6
Cuadro 2. Ventajas y Desventajas de la Fitorremediación	24
Cuadro 3. Tipos de Fitorremediación	25
Cuadro 4. Carga de Plantas	52
Cuadro 3. Volumen y Altura de los estanques	52

## **PALABRAS CLAVES**

Tema	OPTIMIZACIÒN, REMOCIÒN
Especialidad	HIDRAÙLICA

## **KEYWORDS**

Topic	OPTIMIZATION, REMOVAL
Specialization	HYDRAULICS

## **LINEA DE INVESTIGACIÒN:**

<b>PROGRAMA</b>	<b>Ingeniería Civil</b>
OCDE	1. Hidráulica 1.1 Ciencias Naturales 1.5 Ciencias de la tierra y medioambientales *Oceanografía, Hidrología y recursos del agua.

**TÍTULO:**

**OPTIMIZACIÓN DE LA DENSIDAD DE LA *EICHHORNIA CRASSIPES* “JACINTO DE AGUA” PARA REMOCIÓN DE FÒSFORO, ANCASH-2017**

## RESUMEN

Hoy en día se buscan nuevos métodos para el tratamiento de agua superficial de bajo costo y sustentable , ya que las plantas de tratamiento son demasiado costosas, a su vez sabemos que el distrito de Coischo no cuenta con un sistema de tratamiento de agua potable propio y el efluente más cercano al distrito es la quebrada Cascajal, la cual contiene altas cantidades de fósforo y un pH muy elevado, el cual no se encuentra dentro de los límites permisibles del agua para uso poblacional, es por eso que se empleó la *eichhornia crassipes* ,ya que es una planta acuática que tiene la capacidad de remover metales y no metales mediante sus raíces por absorción, es por eso que esta se utilizó para remover fósforo del agua superficial de la quebrada Cascajal, así como también poder obtener el parámetro adecuado respecto a la altura , de acuerdo a una densidad de 7 y 14 plantas, estas se colocaron en estanques de vidrio de 30, 40 y 50 cm de altura en un período de estancamiento, de 7 y 14 días de donde se tomó una muestra de 500 ml para su respectivos ensayos de Fósforo totales y pH en el laboratorio de Sedalib, así como también se midió el peso de la plata y el consumo de agua a lo largo de esta investigación, con lo cual al final de este período los resultados con 7 plantas arrojaron lo siguiente: El pH obtenido fue del 8,12 en el estanque de 50 cm, 8,00 en el de 40 cm y 7.89 en el de 30 cm con 7 plantas en 14 días. La remoción de fósforo obtenida fue del 41.11 % en el 50 cm, 65.17% en el de 40 cm y 78.99% en el de 30 cm, llegando así a remover casi en su totalidad el fósforo presente en el agua del estanque de 30 cm. La masa de las plantas de jacinto de agua aumento un 164% en el de 5cm, 178% en el de 40 cm y 191% en el de 30 cm.

El uso consuntivo de la planta hizo disminuir el nivel del agua en 10 litros en el de 50 cm, 9.6 litros en el de 40 cm y un 9.8 litros en el de 30 cm.

## ABSTRACT

Nowadays, new methods are being sought for the treatment of low-cost and sustainable wastewater, since the treatment plants are too expensive, and we know that the Coischo district does not have its own drinking water treatment system and the effluent closest to the district is the cascajal stream, which contains high amounts of phosphorus and a very high pH, which is not within the permitted limits of water for population use, that is why we will use the *Eichhornia crassipes*, which is an aquatic plant that has the ability to remove metals and nonmetals through its roots by absorption, that's why it was used to remove phosphorus from the wastewater of the cascajal stream, as well as being able to obtain a parameter by means of the height of According to a density of 5kg / m<sup>2</sup>, these will be placed in glass tanks of 30 40 and 50 cm in height in a period of stagnation, every 7 and 14 days will be taken a 500 ml for their respective assays of total phosphorus and pH in the Sedalib laboratory, as well as the weight of the silver and the water consumption throughout this investigation, with which at the end of this period the Results showed the following: The pH obtained was of 8.12 in the pond of 50 cm, 8.00 in the one of 40 cm and 7.89 in the one of 30 cm with 7 plants in 14 days. The removal of phosphorus obtained was 41.11% in 50 cm, 65.17% in the 40 cm and 78.99% in the 30 cm, thus removing almost all of the phosphorus present in the water in the pond of 30 cm . The mass of water hyacinth plants increased by 164% in the 5cm, 178% in the 40cm and 191% in the 30cm. The consumptive use of the plant decreased the water level by 10 liters in the 50 cm, 9.6 liters in the 40 cms and 9.8 liters in the 30

## I. INTRODUCCIÓN

- Como antecedentes, tenemos a coronel, E. (2016). quien realizó una investigación que tuvo lugar en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas , la cual estudio la eficiencia del jacinto y la lenteja de agua en aguas residuales, con la cual se utilizó el método preexperimental, y el tipo de investigación fue aplicada de nivel cualitativo-cuantitativo, la cual consistió en colocar el agua residual, el cual fue previamente tratada en un filtro de grava para atrapar los residuos sólidos existentes se depositaron en tres estanques de vidrio con Eichhornia crassipes, Lemna minor y un control de agua residual sin planta acuática. El tiempo que permaneció el agua residual en los estanques fue de diez días, y se cambió de efluente por cuatro veces. Para determinar la eficiencia de remoción de las plantas acuáticas flotantes se analizó la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual que ingresó a los tratamientos y después de los diez días de estancado. Obteniendo como resultado que la planta Eichhornia crassipes es más eficiente en el tratamiento de las aguas con un porcentaje promedio de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del 88,24%, mientras que Lemna minor obtuvo un promedio de remoción del 81,24%.
- Muñoz, M. (2016). evaluó la remoción de fenoles, fósforo y nitratos en agua residual doméstica rural de Bruselas Huila, a partir de un sistema de fitorremediación con buchones de agua (Eichhornia crassipes), la cual utilizó el método preexperimental , y el tipo de investigación fue aplicada de nivel cualitativo-cuantitativo , en la cual se intentó implementar un sistema de fitorremediación con Eicchornia crassipes. Para ello se construyó una alberca para la estabilización de los buchones de agua entre las aguas residuales domésticas de la finca y que incluía el agua de lavado de café. A los quince días de haber dispuesto todo lo requerido para la estabilización de las macrófitas en la alberca, el sistema no funcionó, ya que los buchones



murieron debido a la carga contaminante, es decir, no resistieron a la alta concentración de contaminantes que había en el agua residual total. Por ello, posteriormente se tomó exclusivamente el vertimiento del lavado de café. Adicionalmente se realizó una disolución del vertimiento, ya que se encontró cerca una fuente natural de agua que nace dentro del predio, esto ayudo a que los buchones de agua se adapten mejor. Se obtuvieron los siguientes resultados 89% en la remoción de fenoles, 71% en la remoción de fósforo total, 87% en la remoción de nitratos, el pH se neutralizo y la conductividad con 86.8%.

- Miguez,D. , Martinez,A. , Carrara,M. , Bombi,K. , Ferreira,N. & Cartmell.E. (2014), estudiaron el proceso de bioacumulación de nutrientes en *Eichhornia crassipes* expuesta a efluentes de una fábrica de celulosa que vierte en aguas del río Uruguay. La investigación utilizó el método preexperimental, y el tipo de investigación fue aplicada de nivel cualitativo-cuantitativo, en la cual los ejemplares de *Eichhornia crassipes* fueron expuestos al efluente por duplicado, en tanques de polietileno de 20 litros conteniendo cinco litros cada uno, se mantuvieron con luz natural y a temperatura ambiente. Los parámetros evaluados fueron los siguientes: conductividad, pH, nitrito, nitrato, fósforo total. En este trabajo se demostró que la *Eichhornia crassipes* es capaz de absorber compuestos orgánicos halogenados y reducir la concentración de nutrientes de los efluentes analizados. La remoción de nutrientes fue del orden del 90%.
- Jiménez y Padilla (2009), estudio la remoción de contaminantes inorgánicos de aguas residuales industriales con *Eichhornia Crassipes*. En la cual analizaron la capacidad depuradora de esta, utilizando un equipo piloto compuesto por dos estanques en paralelo. Los resultados obtenidos demuestran que mediante el uso de esta planta se puede obtener buena eficiencia en la remoción de los contaminantes más comunes de las aguas residuales industriales, siendo significativo la remoción en DQO (75%-

85%), y cargas de fósforo (30%-45%) y Nitrógeno (40%-60%). Como conclusión general se puede afirmar que este sistema, aunque poco difundido en Ecuador, es una buena alternativa para tratar efluentes de actividades industriales.

- Sooknah y Wilkie (2004), estudiaron el potencial de tres macrófitas *Eichhornia crassipes*, *hydrocotyle umbrela* y *pistia stratiotes* para mejorar la calidad de agua de aguas residuales estiércol lácteo enjuagado anaeróbicamente digerido diluido y no diluido. El experimento consistió en dos conjuntos de cinco subtratamientos, uno de ellos tenía las aguas residuales de estiércol lácteo enjuagado anaeróbicamente digerido diluido y el otro sin diluir. En el experimento además de realizar los análisis físicos y químicos a la muestra se tuvieron en cuenta cambios en el aspecto y crecimiento de la planta y la temperatura. Los mayores niveles de remoción de fósforo total y fósforo reactivo soluble se vieron en las muestras con aguas diluidas alcanzando remociones del orden de 98.5% y 96.5%
- Rodríguez (2001), estudio la acción depuradora de algunas plantas acuáticas sobre las aguas residuales. En este trabajo se presentó un estudio comparativo acerca de la capacidad depuradora de cinco plantas acuáticas flotantes (jacinto de agua, lemna, pistia, salvinia, azolla.) sobre las aguas residuales. La velocidad de crecimiento de las plantas se determinó semanalmente por diferencia de pesada, manteniendo las siguientes densidades de las plantas: jacinto de agua (5 kg/m<sup>2</sup>), lemna (1 kg/m<sup>2</sup>), pistia (5 kg/m<sup>2</sup>), salvinia (2 kg/m<sup>2</sup>) y azolla (1,7 kg/m<sup>2</sup>). Los resultados obtenidos demuestran que mediante el uso de estas plantas se pueden obtener buenas eficiencias en la remoción de los contaminantes más comunes de las aguas residuales domésticas, siendo significativo las remociones en carga de nitrógeno entre 7 y 38 kg de NTK/Ha.d y cargas de fósforo entre 0,9 y 13 kg de Pt/Ha.d.

La fundamentación científica se describe de la siguiente manera:

### **Hidrología:**

El agua es la sustancia más abundante en la tierra y es el principal constituyente de todos los seres vivos. Cumple una función clave en la climatización de nuestro planeta y en el progreso de la civilización. Existe en un espacio llamado hidrósfera, que se extiende desde unos quince kilómetros arriba en la atmósfera hasta un kilómetro por debajo de la corteza terrestre. Los caminos por donde circula el agua constituyen el “ciclo hidrológico”, que no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua.

La hidrología estudia el ciclo hidrológico, es decir la circulación ininterrumpida del agua entre la tierra y la atmósfera y cubre todas las fases del agua en la tierra. Si bien, el concepto de ciclo hidrológico es simple, el fenómeno es enormemente complejo y, aunque el volumen total de agua en el ciclo es constante, la distribución de ésta cambia continuamente en continentes, regiones y cuencas locales de drenaje. La hidrología de una región está determinada por su clima, topografía, geología y vegetación. Asimismo, las actividades humanas invaden gradualmente el medioambiente natural, alterando el equilibrio dinámico del ciclo hidrológico.

Los seres humanos aran el suelo, irrigan cultivos, fertilizan tierras, bombean aguas subterráneas, arrojan desechos en ríos y lagos, etc., afectando la circulación y calidad del agua en la naturaleza. La hidrología estudia los procesos hidrológicos influenciados por el clima, superficie y subsuperficie del suelo. La comprensión de las interacciones entre la hidrología y el ecosistema, permite transferir predicciones hidrológicas de una zona a otra, aunque la escala espacial juega un rol muy importante en la comparación de los procesos hidrológicos.

La hidrología es aplicada en la resolución de los problemas hidrológicos de cada región, proveyendo una guía para el planeamiento y el manejo de los recursos hidráulicos. Se la aplica en el análisis de problemas relacionados con el diseño y operación de estructuras hidráulicas, abastecimiento de aguas, tratamiento y disposición de aguas residuales, irrigación, drenaje, generación hidroeléctrica, control de inundaciones, disminución de contaminación, uso recreativo del agua y protección de la vida terrestre. (Orsolini, et al 2000).

### **El Agua**

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos. El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho humano fundamental. (Nuñez del Carpio , 2015)

### **Agua Superficial**

Agua no salada, como la que se encuentra en lagos, ríos y arroyos, pero no en los océanos. El Agua dulce es agua que contiene cantidades mínimas de sales disueltas, distinguiéndose así del agua de mar Toda agua dulce procede en origen de la precipitación de vapor de agua atmosférico que, o bien llega directamente a los lagos, los ríos o bien lo hace por el derretimiento de la nieve o el hielo (Greenfacts, s.f.).

### **Parámetros de calidad y límites máximos permisibles**

El agua potable, también llamada para consumo humano, debe cumplir con las disposiciones legales nacionales, a falta de éstas, se toman en cuenta normas internacionales.

Los límites máximo permisibles (LMP) referenciales para el agua potable de los parámetros que se controlan actualmente, se indican en el cuadro siguiente.

Cuadro 1: Límites Máximo Permisibles

PARÀMETRO	UND.	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento Avanzado.
Aceites y Grasas	mg/L	0.5	1.7	1.7
Cianuro Total	mg/L	0.07	0.2	0.2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color	Pt/co	15	100	**
D.Bioquímica	mg/L	3	5	10
Conductividad	Us / cm	1500	1600	**
Fòsforo Total	mg/L	0.1	0.15	0.15
Turbidez	UNT	5	100	*
pH	Uni.	6.5-8.5	5.5-9.0	5.5-9.0

Fuente: MINAM 2017

### **Abastecimiento de agua, proveedor y consumidor – Normal Legal MINSa d.s. 031 2010 sa**

Se define como sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, al conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua mediante conexión domiciliaria, para un abastecimiento convencional cuyos componentes cumplan las normas de diseño del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento; así como aquellas modalidades que no se ajustan a esta definición, como el

abastecimiento mediante camiones cisterna u otras alternativas, se entenderán como servicios en condiciones especiales.

### **Requisitos de calidad del agua para consumo humano– Normal Legal MINSA d.s. 031 2010 sa**

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

- Coliformes totales
- Coliformes termotolerantes
- Color
- Turbiedad
- Residual de desinfectante
- pH.

### **Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO)**

1. Parámetros microbiológicos: Bacterias heterotróficas; virus; huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos; y organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos.
2. Parámetros organolépticos Sólidos totales disueltos, amoníaco, cloruros, sulfatos, dureza total, hierro, manganeso, aluminio, cobre, sodio y zinc, conductividad
3. Parámetros inorgánicos Plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cromo total, antimonio, níquel, selenio, bario, flúor y cianuros, nitratos, fosfatos, boro, clorito clorato, molibdeno y uranio.

## **Nutrientes:**

Los nutrientes forman parte de la composición química de cualquier agua residual. Los nutrientes son elementos indispensables que pueden ser asimilados y metabolizados para el crecimiento de los organismos vivos. Los principales nutrientes o llamado macronutrientes son C , N, O y P y se requieren en grandes cantidades. Estos nutrientes se encuentran en forma de compuestos. Los compuestos que contiene cadenas de 2 o más átomos de carbono son llamados compuestos orgánicos y constituyen la llamada materia orgánica.

Los compuestos orgánicos asimilable por los organismos son los llamados nutrientes orgánicos y forman parte de la materia orgánica disuelta. No todos los compuestos orgánicos pueden ser llamados nutrientes, puesto que no todos son asimilables por los organismos. Los compuesto que no contienen carbono como los formados por moléculas con nitrógeno y fosforo que son asimilables por los organismos son llamados nutrientes inorgánicos (Madiagn , 2004)

## **Contaminación por nutrientes:**

La contaminación por nutrientes es uno de los problemas ambientales más extendidos, costosos y complejos, y es el resultado del exceso de nitrógeno y fósforo en el aire y el agua. El nitrógeno y el fósforo son nutrientes naturales presentes en los ecosistemas acuáticos. El nitrógeno y el fósforo ayudan al crecimiento de algas y plantas acuáticas, que brindan comida y un hábitat a peces, moluscos y organismos más pequeños que viven en el agua. Sin embargo, cuando demasiado nitrógeno y fósforo ingresan a un medio, generalmente provenientes de diversas actividades humanas, el aire y el agua pueden contaminarse. La contaminación por nutrientes ha afectado muchos arroyos, ríos, lagos, bahías y aguas costeras durante varias décadas. Esto causó

problemas ambientales y problemas para la salud humana graves, e impactó en la economía.

El exceso de nitrógeno y fósforo en el agua hace que el alga crezca tan rápido que los ecosistemas no pueden lidiar con esa cantidad. Un aumento significativo en la cantidad de alga deteriora la calidad del agua, los alimentos y los hábitats, y reduce el oxígeno que los peces y otras especies acuáticas necesitan para vivir. Las proliferaciones de alga son llamadas florecimientos y pueden reducir en gran medida o eliminar el oxígeno presente en el agua. Como consecuencia, los peces se enferman y muchos de ellos mueren. Algunos florecimientos de algas son perjudiciales para los humanos, ya que producen cantidades elevadas de toxinas y crecimiento bacteriano. Una persona podría enfermarse si entra en contacto con agua contaminada, la bebe o si consume pescado o moluscos contaminados. (EPA, 2017)

### **Fósforo**

Al igual que el carbono y el nitrógeno, el fósforo se puede encontrar en el ambiente de manera orgánica e inorgánica. Debido a su reactividad, el fósforo no se encuentra libre en la naturaleza, por lo que principalmente se encuentra como fosfato, específicamente como ortofosfato. Las mayores aportaciones de fosfato a las aguas receptoras provienen de los escurrimientos de las tierras agrícolas y de los efluentes de agua residual doméstica e industrial. Carpenter (1998), estima que se han aplicado 600Tg de fósforo como fertilizante a la superficie terrestre.

La concentración promedio de fósforo total en agua residual es de 10.20 mg L, del cual mucho proviene de los detergentes convencionales de uso doméstico (Bitton,2005),90% del fósforo del agua residual tratada se encuentra en forma de ortofosfato (Meganck y Faup,1988).



El principal efecto del exceso de fosfato sobre los cuerpos de agua receptores es la Eutrofización. Este término designa al enriquecimiento de nutrientes en un ecosistema. El uso más extendido se refiere específicamente a los síntomas que desarrolla un ecosistema en respuesta a la fertilización con nutrientes inorgánicos (Hutchinson,1973).

Para que el proceso de eutrofización se desarrolle, se tiene que dar concentraciones altas de nutrientes como nitrógeno y fosforo de las proporciones correcta de ambos nutrientes (Blackburn,2004). La eutrofización produce de manera general un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad biológica del ecosistema. En resumen, de pueden establecer tres impactos negativos sobre los ecosistemas causados por la eutrofización.

- 1) Disminución en la biodiversidad
- 2) Cambios en la composición
- 3)Efectos tóxicos (Rynolds,1984)

### **Efectos del exceso de fosforo en las personas:**

Cuando el cuerpo tiene altos niveles de fósforo, el mineral puede unirse al calcio presente en la sangre y formar depósitos en los músculos y otros tejidos blandos, lo que los endurece. El fósforo puede interferir con la capacidad del cuerpo de usar otras minerales, como el hierro, el magnesio y el zinc, y causar diarrea. Por lo general, esto ocurre en personas cuyos cuerpos tienen una importante disfunción en el modo en que regulan el calcio o en aquellas con enfermedades renales graves. (Sheldon,2017)

## **Causas de la contaminación de fosforo en el agua:**

El agua es un elemento fácilmente contaminable. Sus múltiples usos la ponen en contacto con sustancias que la hacen perder sus propiedades saludables para la vida. Las principales actividades que contaminan el agua son: la industria, la agricultura, y los usos urbanos y domésticos.

La contaminación industrial se debe al uso que del agua se hace en los procesos industriales: lavado de maquinaria y productos, enfriamiento, arrastre de las materias primas sobrantes, etc. Una forma de contaminación indirecta es a través de las partículas que son expulsadas al aire. Estas partículas terminan por precipitarse, o incorporarse al agua dentro de las gotas de lluvia.

La contaminación agrícola se produce por medio de un uso excesivo de abonos, especialmente los abonos nitrogenados y fosfatados, que reducen considerablemente el oxígeno del agua. Aquella parte del abono que no se emplea en el crecimiento de las plantas es arrastrado por las aguas, contaminándolas.

La contaminación doméstica se debe al uso en el hogar de detergentes, grasas y el aseo personal y del hogar. Se trata de productos variados y de muy diferentes características, las cuales contienen fosforo (Santiago,2008).

## **Remoción de nutrientes**

Las aguas residuales poseen altos niveles de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que en ciertas formas puede ser tóxico para peces e invertebrados en concentraciones muy bajas (por ejemplo amoníaco) o puede causar un crecimiento exponencial de algas y el desarrollo incontrolado de una especie, en detrimento de las demás, todo ello ocasiona una mala apariencia de las aguas, problemas de olores por descomposición y un escaso nivel bajo de

oxígeno disuelto que afecta negativamente a la respiración de los peces, los animales acuáticos y plantas adheridas en el lecho de los cursos de agua (Pérez y Camacho 2011).

### **Remoción del nitrógeno en lagunas facultativas**

El medio aerobio, propio de las lagunas facultativas, es adecuado para el desarrollo de organismos nitrificantes que realizan la conversión del ión amonio a nitrato, lo que impide el acceso del amoniaco a los cursos de aguas receptores, donde ejerce efectos perjudiciales sobre la fauna; parte de los nitratos formados son asimilados por las algas, que los transforman en nitrógeno orgánico; por otro lado, al darse fluctuaciones a lo largo del día del contenido de oxígeno disuelto en las lagunas, decayendo este durante la noche, tienen lugar en ese período procesos de desnitrificación, que conducen a la pérdida neta de nitrógeno hacia la atmósfera; además del nitrógeno que ingresa en las lagunas facultativas vía influente, también el nitrógeno atmosférico puede ser transformado en formas orgánicas a través de la fijación biológica que llevan a cabo las cianobacterias (CENTA 2008).

### **Remoción del Fósforo en lagunas facultativas**

El ambiente de este tipo de lagunas favorece la eliminación de los fosfatos, dado que a pH alcalino estos precipitan; el fósforo que se encuentra en forma particulada, sedimenta por procesos de adsorción y coagulación; parte del fósforo presente como ortofosfato soluble, es utilizado por los microorganismos acuáticos, muchos de los cuales almacenan en su interior el exceso del mismo en forma de polifosfatos a modo de reserva; una fracción del fósforo que, formando parte de la materia particulada, se va depositando en el fondo de las lagunas, puede volver a solubilizarse mediante procesos anaerobios, incorporándose de nuevo a la masa líquida (CENTA 2008).

Los sistemas de tratamiento acuáticos son una variante adecuada para la depuración de estas aguas; en ellos las plantas acuáticas funcionan como filtros biológicos removiendo sustancias tanto biodegradables como no biodegradables, nutrientes, sustancias tóxicas y microorganismos patógenos (Rodríguez et al., s.f.). Las variaciones en la eficiencia de la remoción dependen de las condiciones climáticas y las características de la laguna donde se encuentran las macrófitas acuáticas, como la profundidad, caudal, concentración del agua residual y tiempo de retención hidráulica (Valero 2006)

### **Eutrofización**

La Eutrofización, en un principio se estudió como un proceso natural -eutrofización natural-, para conocer el transcurso del “envejecimiento” de los lagos inducido por procesos autóctonos (NAS, 1969). Sin embargo, este término se utilizó posteriormente para definir el fenómeno provocado por los vertidos de los desechos de actividades humanas, llamándolo Proceso de Eutrofización cultural o simplemente eutrofización; inicialmente se definió como “el abastecimiento excesivo de los nutrientes nitrógeno y fósforo a los cuerpos de agua, con el consecuente crecimiento acelerado de microalgas, que puede producir la muerte de peces al despojarlos del oxígeno que necesitan para vivir” (US-EPA, 1997)

Es la acumulación de los nutrientes de las plantas, como los fosfatos, nitratos y silicatos, que provocan la producción excesiva de biomasa en el agua y en los sedimentos, lo que genera una transferencia de materia orgánica a aguas profundas que pueden ser oxidadas por el oxígeno molecular, desarrollando hipoxia y anoxia, originando el declive de las pesquerías, el repentino florecimiento de algas tóxicas y exóticas, y la alteración en la estructura de las comunidades en los ecosistemas costeros.(Goldberg, 1995)

## **Causas de la eutrofización**

La causa principal de la eutrofización es el incremento de la carga de nutrientes por vías, fundamentalmente de las diferentes fracciones de fósforo y nitrógeno. Una causa principal de la eutrofización es la creciente descarga de residuos orgánicos y fertilizantes utilizados en la agricultura y arrastrados por las aguas de escorrentía. Así la eutrofización tiende a coincidir con sistemas de riego, grandes obras hidráulicas y formas de agricultura moderna en donde se recurre a ingentes cantidades de fertilizantes, a menudo excesivas. No es de extrañar, por tanto que en los ríos europeos se detecten los niveles más elevados de nutrientes, siendo el Loira el río más eutrófico de Europa. (Gallegos, 2009)..

Las causas de eutrofización pueden ser naturales (aportes atmosféricos: precipitación, resuspensión de los sedimentos del fondo, descomposición y excreción de organismos, fijación de nitrógeno por microorganismos) y antropogénicas (vertidos de residuos industriales, agrícolas y de plantas de tratamiento, uso de detergentes, aportes de contaminación por agua de lluvia, sistema de alcantarillado de pueblos). (Arse, 2005) Una de las más antiguas causas es la descarga de aguas residuales, contribuyendo al cambio trófico del cuerpo de agua receptor. (Moreno, Quintero, & López, 2010).

## **Tratamiento biológico**

Según León y Lucero (2009), el tratamiento biológico se basa en la creación de un flujo controlado de agua residual, en el que la actividad microbiológica y plantas acuáticas actúan asociadas, en el proceso de depuración de las aguas disminuyendo los contaminantes. El tratamiento biológico incluye tres tipos: Lagunajes, humedales y cultivos acuáticos (Sistema de plantas acuáticas flotantes).

### **Sistema de plantas acuáticas flotantes.**

Los cultivos acuáticos o sistemas de plantas acuáticas flotantes son una variación de los humedales artificiales en el que el agua está en contacto con la atmosfera y constituye la fuente principal de oxígeno para aireación; en la que se introduce un cultivo de plantas acuáticas flotantes como Eichhornia Crassipes y Lemna sp, cuya finalidad es la eliminación de determinados componentes de las aguas a través de sus raíces que constituyen un buen sustrato responsable del tratamiento. Aunque una de las desventajas que presenta este tipo de sistemas es la proliferación de larvas e insectos (León y Lucero, 2009). Para mejorar el tratamiento y asegurar el mantenimiento de las condiciones aerobias necesarias 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). Según Celis et al. (2005) los sistemas emplean plantas acuáticas como Eichhornia Crassipes de agua están diseñados para proporcionar niveles de 6 tratamientos secundarios.

Estos sistemas han sido utilizados como medios de producción de proteínas para las grandes cantidades de biomasa que se generan. En los últimos años el tratamiento de aguas residuales por medio de estanques con plantas acuáticas ha despertado un gran interés, por el potencial que han presentado para la depuración de las mismas. Algunos de estos sistemas han logrado proporcionar un tratamiento integral en donde no solamente se remueven eficientemente material orgánico y sólidos suspendidos, sino que también se logran reducir nutrientes, sales disueltas, metales pesados y patógenos (García, 2012).

## **Macrófitas acuáticas**

El término macrófita acuática se refiere a las formas macroscópicas de vegetación acuática y comprende las macro algas, las escasas especies de pteridofitos y las verdaderas angiospermas (Wetzel, 1981). Las macrófitas acuáticas se encuentran entre las biomasa que tienen la capacidad para remover metales. Una característica importante de las macrófitas es que cuando el medio acuático donde viven es rico en nutrientes, presentan una alta capacidad de reproducción, lo que constituye un factor de gran importancia en la elección de una biomasa (Muñoz, 2007).

En diversos estudios se ha demostrado la alta eficiencia de las diferentes especies de macrófitas inertes para remover metales pesados. Algunas de estas son las siguientes: *Potamogeton lucens*, *Salvinia herzogii*, *Eichhornia crassipes*, *Myriophyllum brasillensis*, *Myriopyllum spicatum*, *Cabomba sp.*, *Ceratophyllum demersum* (Wang et al., 1996; Schneider & Rubio, 1999; Keskinan et al., 2004). Su presencia en abundancia genera ciertos inconvenientes, algunos de ellos son (Jaramillo y Flores, 2012):

- Favorecen la ausencia de oxígeno en el cuerpo de agua (en grandes coberturas de macrófitas flotantes). Grandes masas de macrófitas en descomposición acumulan materia orgánica en general en el sedimento, volviéndolo anóxico (sin oxígeno).
- Problemas en represas, en puentes y obras de ingeniería en general por acumulación de macrófitas flotantes.
- Problemas en lugares de recreación debido a que al encontrarse en grandes cantidades, hay gran cantidad de materia en descomposición y produce mal olor.
- Producen sombra a plantas sumergidas y algas que liberan oxígeno por la fotosíntesis.

- Pueden actuar como fuente de vectores propagadores de enfermedades y plagas.
- Taponamiento de canales de riego y de navegación

### **Tipos de macrófitas acuáticas**

- 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 sino además sirven de sustrato para bacterias y como sistema de adsorción de sólidos suspendidos. Impiden la penetración de la luz evitando que crezcan algas en la profundidad. En las plantas flotantes podemos encontrar al Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*); helecho de agua (*Salvinia* sp y *Azolla* sp), lechuga de agua (*Pistia* sp) y lentejas (*Lemna* sp; *Wolffia* sp y *Wolffiella* sp) (León y Lucero, 2009).
- Sumergidas: Son aquellas que no flotan en la superficie y sus raíces están sueltas dentro del agua o arraigadas en el fondo. Sirven principalmente para oxigenar el agua y nunca se las encuentra en sitios donde existen plantas flotantes, debido a que estas impiden el ingreso de luz y las plantas sumergidas dejarían de realizar la fotosíntesis (León y Lucero, 2009).
- Emergentes : Estas plantas crecen enraizadas en el fondo y sus hojas sobresalen de la superficie del agua, entre las más comunes para América del Sur se encuentran el carrizo (*Phragmites* sp), junco (*Juncus* sp) y la espadaña (*Typha* sp); estas especies de plantas son más usadas en humedales artificiales en los que adiciona un medio de soporte para el enraizamiento de las mismas (León y Lucero 2009)



### **Jacinto de Agua (*Eichornia crassipes*).**

*Eichornia crassipes* pertenece a la clase de Liliopsida y a la familia Pontederiaceae, del grupo de las monocotiledóneas y es originaria de amazonas. El género está ampliamente distribuido en el geotrópico; es una especie sin raíces o con raíces colgando en el agua. Sus hojas forman roseta, sin hojas sumergidas y con pedúnculo largo (Valera, 2001).

El Jacinto de agua crece en una gran variedad de humedales y prefiere las aguas enriquecidas en nutrientes, sin embargo, puede tolerar varios niveles de temperatura y pH. El pH óptimo para su crecimiento es de 6 a 8, y puede crecer en un amplio rango de temperatura de 1 a 40°C con un óptimo de crecimiento de 25 a 27.5°C (Malik, 2007).

Su capacidad de sobrevivencia y de germinación es asombrosa ya que puede permanecer en estado de pregerminación hasta por quince años, además posee un crecimiento rápido por lo que se extiende con gran rapidez causando diversos problemas como la interferencia física con la pesca, obstrucción de rutas de transporte, pérdidas de agua en sistemas de irrigación, reducción de la infiltración de la luz solar, cambios en la temperatura, pH y niveles de oxígeno del agua, aumento de la pérdida de agua a través de la transpiración y problemas higiénicos (Burton, 2005; Gunnarsson y Petersen, 2007).

Sin embargo, esta macrófita, en vez de ser vista como un enemigo a combatir podría representar un valioso recurso y ser utilizado en diversos campos como artesanías, muebles, pulpa para papel, compost, alimento para animales, para el cultivo de setas y descontaminar aguas residuales (Valderrama, 1996; Fundación Humedales y Netherlands Antilles Healthy Islands Foundation, 2004; Gunnarsson y Petersen, 2007)

*E. crassipes* crece en una gran variedad de hábitat de agua dulce: desde lagunas temporales de baja profundidad, pantanos y ríos, hasta grandes lagos y embalses. Se distribuye desde el los 38° Latitud Norte hasta los 38° Latitud Sur, lo cual representa un alto rango de temperatura incluyendo regiones tropicales, subtropicales y templadas. Se encuentra tanto en aguas altamente alcalinas como ácidas. Sin embargo, en medios neutros se presenta de forma más numerosa. En Chile es abundante en lagunas ricas en materia orgánica de la V y VIII región. *E. crassipes* ha invadido algunos lagos ubicados en el radio urbano de la ciudad de Concepción debido al enriquecimiento sostenido en nutrientes de estos lagos, producto del vaciado de desechos de las poblaciones ubicadas en el entorno de estas lagunas (Matthei 1995, Vejar et al. 1991). *E. crassipes* es una planta acuática de libre flotación con hojas en forma de rosetas, soportadas por pecíolos que pueden ser cortos y abultados o largos y delgados, que se desarrollan desde el ápice de un tallo pequeño y vertical llamado rizoma.

Cuando se encuentra en aguas poco profundas y oxigenadas, presenta hojas muy pequeñas que sólo alcanzan largos de 8 cm, mientras que, en plantas bien aireadas, especialmente en aguas de flujo continuo, las hojas alcanzan los 125 cm de longitud. La posición de la hoja también varía dependiendo de la especie y condiciones ambientales. Su función principal, al igual que el resto de las plantas, es la fotosíntesis y transpiración producida en sus células superficiales. En el caso particular de *E. crassipes*, las hojas sirven de velas, conduciéndolas según el viento o la corriente de las aguas. Los tallos florecedores, que crecen a partir del centro de la roseta, producen una inflorescencia vistosa de flores azules 25 con manchas amarillo canario, las cuales se convierten en cápsulas que contienen pequeñas semillas. El sistema de raíces de *E. crassipes*, representa entre un 20 y 50 % de la biomasa de la planta, la cual dependerá de la estación y del hábitat.

El sistema de raíces consta de raíces principales, cubierta por raíces laterales que funcionan como anclaje y además de preservar la estabilidad del rosetón. Al igual que todo órgano sumergido, las raíces deben tener un suministro adecuado de oxígeno disuelto. De esta manera el oxígeno consumido alcanza el tejido interior por difusión a través del gradiente de concentración en la epidermis, pero este suministro puede ser suplementado por difusión desde los sitios de fotosíntesis en el follaje. Dentro de los sistemas depurativos presentado por *E. crassipes* las raíces son el órgano de mayor importancia, puesto que a través de ellas, la planta absorbe los compuestos con algún valor nutritivo necesario para su metabolismo.

Al mismo tiempo en la rizósfera, los microorganismos presentes actúan sobre el material orgánico biodegradable, sustancias inorgánicas y sólidos suspendidos, reduciendo su contenido en los medios tratados (Sculthorpe 1967). *E. crassipes* presenta una reproducción tanto sexuada como asexuada o vegetativa, siendo esta última la más común, puesto que es más rápida bajo condiciones favorables de altas temperaturas y de la disponibilidad de nutrientes en los cuerpos de agua. La reproducción vegetativa o asexuada se realiza mediante estolones que se desarrollan a partir de la base de la roseta. Estos estolones desarrollan en la punta terminal una planta hija que a su vez produce nuevas crías. La expansión continuará hasta que el espacio disponible quede completamente cubierto; de esta manera los estolones pueden crecer hasta 30 cm de longitud antes de desarrollar una roseta hija (Sculthorpe 1967). La reproducción sexual comienza con el proceso de floración, en el cual las semillas se encuentran en cápsulas a lo largo del tallo de la flor donde cada cápsula puede contener hasta 450 semillas pequeñas.

La auto fecundación es la forma más común de reproducción sexuada, aunque la fecundación cruzada debido a la actividad de insectos o por transporte del polen a través del viento, también es factible. En Chile la planta entra en proceso de floración en febrero, en donde ocurren cambios profundos

en el metabolismo de la planta orientada a la formación de unidades de dispersión (Pieterse 1978, Véjar et al. 1991).

### **Variables del medio ambiente que influyen en el metabolismo y crecimiento de *E. crassipes*.**

La profundidad a la cual alcanza la intensidad límite y la calidad de penetración de la luz para determinada profundidad está dada por: color del agua (debido a la disolución de materia orgánica derivada del sustrato), medio receptor o residuos polutantes, concentración de partículas orgánicas suspendidas traídas por efluentes contaminados que varían con la turbulencia y el flujo, concentración de fito y zooplancton que varía según la estación. El agua absorbe principalmente longitudes de ondas del infrarrojo y ultravioleta, mientras que los solutos orgánicos causan una rápida atenuación del azul violeta y ultravioleta.

La cubierta de las plantas acuáticas (hidrófitas) vasculares absorben mucho la luz roja y azul e incrementan la proporción del amarillo-verde penetrado a baja profundidad. Para el caso particular de *E. crassipes*, se ha estimado que la eficiencia de conversión fotosintética alcanza el 4 % y requiere un nivel de luz mínima de 5,3 w m<sup>-2</sup> para sobrevivir (Sculthorpe 1967). La temperatura es una de las limitaciones más significativa en el crecimiento de *E. crassipes*. Este vegetal no resiste temperaturas frías, debido que temperaturas de congelamiento matan el tallo y las hojas. Esto produce una reducción en peso que hace emerger al rizoma a la superficie, donde se hace más vulnerable, lo que en últimas instancias destruye completamente la planta. Se ha encontrado que el rango óptimo de temperatura para el crecimiento de *E. crassipes* en condiciones ambientales controladas es de 25 a 27 °C, aunque se observa algún crecimiento a 10 °C, el cual cesa sobre los 35 °C (Peña 1993).

## Composición Química de la *Eichhornia crassipes*

La *Eichhornia crassipes* este compuesto químicamente por sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en el medio acuático del embalse. Está constituido básicamente de agua, ya que se determinó el porcentaje de humedad contenido dándonos un resultado de un 90.4% de humedad quedando sólo un 9.6% de materia seca. La planta es rica en nutrientes, pero de igual manera contiene metales pesados en su composición. En la siguiente tabla se muestra los macro-micro nutrientes en la *Eichhornia crassipes* (Gunnarsson y Petersen,2007):

Tabla 1  
Composición química de la *Eichhornia Crassipes*

Parámetro	% Materia seca
Materia Orgánica	74,3
Proteína Cruda	20
Extracto etéreo	3,47
Fibra Cruda	18,9
Cenizas	25,7
Fosforo	0,53
Carbono	18,54
Nitrógeno	0,74
Magnesio	0,17
Calcio	0,58
Potasio	2,27

Fuente (Gunnarsson y Petersen,2007)

## Productividad y Accesibilidad del Jacinto de Agua en nivel Nacional Regional y Local

El jacinto de agua en el País, por ser considerada una planta invasora se encuentra en ríos, lagos, charcas y embalses de los trópicos y subtrópicos localizados a latitudes no mayores de 40°N y 45°S. Principalmente en la amazonia, y debido a su crecimiento y reproducción elevado se ha expandido por todo el país. En Ancash esta planta se puede encontrar en acequias y canales estancados, donde el clima este entre 25 y 30 grados, es decir más en

la parte costa de Ancash, como en el pueblo de San Luis en el Distrito de Santa, al ser el lugar más accesible para la recolección de la planta, que se encontraba en una acequia en gran cantidad, donde hacían mantenimiento cada mes por el crecimiento acelerado de esta planta.

### **Fitorremediación**

Los avances para el saneamiento ambiental de áreas contaminadas han conducido a desarrollar alternativas que se basan en el empleo de organismos vivos para prevenir o restaurar daños provocados por acciones antropogénicas que alteran la estabilidad de los diferentes ecosistemas (Marrero, Amores y Coto, 2012).

La fitorremediación aprovecha la capacidad de algunas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes (in situ o ex situ) presentes en agua, suelo o aire como: compuestos derivados del petróleo, plaguicidas, metales pesados, así como COVs (Delgadillo et al., 2011).

La fitorremediación es una de las vertientes de la biorremediación que puede considerarse una tecnología alternativa rentable y sostenible. En ella se emplea gran diversidad de plantas que tienen la capacidad de acumular y eliminar sustancias tóxicas mediante sus procesos metabólicos, principalmente metales pesados, por lo que reciben el nombre de hiperacumuladoras (Delgadillo et al., 2011; Marrero et al., 2012). Entre sus ventajas y desventajas del uso de la fitorremediación tenemos:

Cuadro 2: Ventajas y Desventajas de la Fitorremediación

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se puede realizar in situ y ex situ.</li> <li>2. Se realiza sin necesidad de trasportar el sustrato contaminado, con lo que se disminuye la diseminación de contaminantes a través del aire o del agua.</li> <li>3. Es una tecnología sustentable.</li> <li>4. Es eficiente tanto para contaminantes orgánicos como inorgánicos.</li> <li>5. Es de bajo costo.</li> <li>6. No requiere personal especializado para su manejo.</li> <li>7. No requiere consumo de energía.</li> <li>8. Sólo requiere de prácticas agronómicas convencionales.</li> <li>9. Es poco perjudicial para el ambiente.</li> <li>10. Actúa positivamente sobre el suelo, mejorando sus propiedades físicas y químicas, debido a la formación de una cubierta vegetal.</li> <li>11. Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable.</li> <li>12. Evita la excavación y el tráfico pesado.</li> <li>13. Se puede emplear en agua, suelo, aire y sedimentos.</li> <li>14. Permite el reciclado de recursos (agua, biomasa, metales)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En especies como los árboles o arbustos, la fitorremediación es un proceso relativamente lento.</li> <li>2. Se restringe a sitios de contaminación superficial dentro de la rizósfera de la planta.</li> <li>3. El crecimiento de las plantas está limitado por concentraciones tóxicas de contaminantes, por lo tanto, es aplicable a ambientes con concentraciones bajas de contaminantes.</li> <li>4. En el caso de la fitovolatilización, los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente.</li> <li>5. Los contaminantes acumulados en maderas pueden liberarse por procesos de combustión.</li> <li>6. No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras.</li> <li>7. La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de contaminantes.</li> <li>8. Se requieren áreas relativamente grandes.</li> <li>9. En sistemas acuáticos se puede favorecer la diseminación de plagas, tales como los mosquitos.</li> </ol>

Fuente: Delgado et al. (2011).

### Técnicas de Fitorremediación

Existen diferentes técnicas de fitorremediación disponibles que varían según las partes de las plantas que participan y que son aplicable a suelos y aguas contaminados como ríos, lagos, estanques, lagunas entre otros, los cuales se en la siguiente tabla:

Cuadro 3: Tipos de Fitorremediación

Técnicas	Mecanismo involucrado	Contaminantes
Fitoextracción	Hiperacumulación. Las plantas se usan para concentrar metales en las partes cosechables (hojas y raíces)	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc
Rizofiltración	Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc isótopos radioactivos, compuestos fenólicos
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire.	Lagunas de deshecho de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados
Fitoestimulación	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos)	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración	Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano).
Fitodegradación	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzono, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.

Fuente: Frers. (2008). El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales.

### Rizo filtración

La rizo filtración representa una alternativa prometedora para la eliminación de metales en ambientes acuáticos (Paisio et al., 2012). La rizo filtración utiliza las plantas para eliminar del medio hídrico contaminantes a través de la raíz, se considera una técnica parecida a la fitoextracción. Cuando el sistema radicular está bien desarrollado, las plantas se introducen en el agua



contaminada con metales, en donde las raíces los absorben y acumulan. A medida que las raíces se van saturando, las plantas se cortan y se disponen para su uso final. Un caso de aplicación de rizo filtración está en las macrófitas. (Delgadillo et al., 2011).

### **Sistemas de fitorremediación acuática**

Delgadillo (2012) menciona que los sistemas de fitorremediación acuática pueden ser de cuatro tipos:

- Humedales construidos o artificiales: se definen como un complejo de sustratos saturados, vegetación emergente y sub emergente, animales y agua que simula los humedales naturales, diseñado y hecho por el hombre para su beneficio.
- Sistema de tratamiento con plantas acuáticas flotantes: pueden ser estanques semiconstruidos o naturales, donde se mantienen plantas flotantes para tratar aguas residuales.
- Sistema de tratamiento integral: es una combinación de los dos sistemas anteriores.
- Sistema de rizo filtración, ya mencionado anteriormente. Se ha demostrado que estos sistemas pueden remover eficientemente fosfatos, nitratos, fenoles, pesticidas, metales pesados, elementos radiactivos, fluoruros, bacterias y virus, de aguas residuales municipales, agrícolas e industriales, incluyendo las industrias: lechera, de pulpa y papel, textil, azucarera, de curtiduría, de destilería, aceitera, de galvanizado y metalurgia (Delgadillo, 2012,p.17) El uso de macrófitas flotantes,

históricamente ha sido desarrollado bajo diversos esquemas de sistemas de tratamiento. En ese sentido, hay varios diseños en función de ciertas características (como las ya mencionados), sin embargo el más comúnmente empleado es el sistema de humedales artificiales (Marteloy Lara, 2012).

- La importancia y trascendencia de los humedales artificiales, radica fundamentalmente en que son una alternativa viable y sustentable para la depuración de aguas residuales de tipo industrial, agropecuaria y doméstica. Su implementación tiene un menor costo en comparación con los sistemas de tratamiento convencional, son amigables con el entorno paisajístico, adicionalmente la existe la posibilidad de combinarse con otros procesos depuradores ya existentes, a fin de optimizar su rendimiento (Luna y Castañeda, 2014)

### **Propiedades de las plantas acuáticas en sistemas de tratamiento**

Según León y Lucero (2009) las plantas juegan un papel fundamental en estos sistemas siendo sus principales funciones:

- Airear el sistema radicular y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizósfera.
- Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos.
- Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular.

### **Plantas acuáticas utilizadas en el tratamiento de aguas residuales**

Se han estudiado distintas plantas acuáticas en sistemas de depuración de aguas residuales, algas u otras sumergidas, con vistas a explorar su posible

valor; sin embargo las plantas acuáticas flotantes como la lenteja de agua o Lemna (Lemna 8 spp), azolla (Azolla spp) y Jacinto acuático (Eichhornia crassipes) son las que has sido evaluadas con más intensidad en el trópico como posibles integrantes de sistemas de recirculación de nutrientes a través de su cultivo en estanques cargados con efluentes provenientes de biodigestores anaeróbicos, en lagunas, o simplemente colectadas en su medio natural (García, 2012).

### **Requerimiento de elementos esenciales**

La falta de concentración de Ca deprimió el desarrollo de nuevas raíces y nuevas hojas, la deficiencia de P mostro un típico moteado clorótico de las hojas. Mientras que la falta de N indujo un retardo en el crecimiento (Ueki,1979).

### **Efectos del pH**

La concentración de iones de hidrogenes influye en el metabolismo de las plantas, especialmente del jacinto de agua puede ser afectado por el nivel de pH porque tiene los hábitats en agua. Los crecimientos masivos de Jacinto de agua generalmente se encuentran en agua con un rango de pH 6.2 a 7.6, encontrándose un crecimiento máximo en un valor de pH igual a 7. Por otro lado, las plantas maduras crecen bien en un intervalo de pH de 5.0 a 8.0 Esta planta puede crecer en agua ácida o alcalina dandole al agua una tendencia a cambiar el pH hacia la neutralidad, esto se encontro tanto en plantas maduras como inmaduras (Ueki,1979) .

## **Cambio morfológico**

El fósforo puede alterar el desarrollo de la planta de dos formas, una es actuando como nutriente estimulando la producción de biomasa aérea, y otra es funcionando como una señal que regula los cambios en la arquitectura de la raíz. Dichos cambios pueden afectar profundamente la capacidad de la planta para tomar nutrientes y agua. Una primera adaptación a las bajas disponibilidades de fósforo involucra cambios en el desarrollo del sistema radicular. Esto incluye alteraciones en la longitud total de la raíz, en el alargamiento de los pelos radiculares y en la formación de raíces laterales. Esto sugiere que la plasticidad morfológica es un importante mecanismo adaptativo para adquirir nutrientes (Campanella, Hadad, Maine y Markariani, 2005).

## **Remoción de fósforo**

La remoción de ortofosfato ocurre principalmente como una consecuencia de la adsorción. Producido por reacción con Al, Fe y Ca. (Delgadillo, Camacho, Perez y Camacho, Pg 25)

## **Parámetros químicos para analizar el agua**

Son aquellos parámetros que solo se pueden determinar a través de análisis de laboratorio, su importancia radica en los efectos que producen todos estos sobre los organismos acuáticos ya sean estos, vegetales o animales. Además de las alteraciones que pueden causar en fuentes de agua natural si no se controlan.

## **Potencial de hidrógeno**

El agua está constituida por gran número de moléculas cuya composición representamos como H<sub>2</sub>O (H-O-H) con ello se indica que cada molécula resulta de la unión de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. Pero hay una

insignificante fracción de moléculas de agua (una por cada seiscientos millones), en la que uno de los enlaces no existe, por lo que estas moléculas se encuentran desdobladas en dos partes o iones, con cargas eléctricas opuestas.  $H_2O \rightarrow H^{++} OH^-$  Un ión es un átomo con carga eléctrica. Los iones con carga positiva se llaman cationes y los que tienen carga negativa se llaman aniones. Los iones  $H^+$  proporcionan el carácter ácido al agua y los  $OH^-$  el carácter alcalino, por lo que un ácido es una sustancia que libera iones  $H^+$  en agua y una base la que desprende iones  $OH^-$ .

Para evitar el manejo de cifras muy pequeñas se introdujo el concepto de pH, que es la medida de la concentración de iones  $H^+$  en solución acuosa y por tanto su carácter ácido o alcalino (Flores, s.f). El término pH es usado universalmente para determinar si una solución es ácida o alcalina, es la forma de medir la concentración de iones de hidrogeno en una disolución. La escala de pH contiene una serie de números que varían de 0 a 14, esos valores miden el grado de acidez o alcalinidad de una solución.

Los valores inferiores a 7 y próximos a cero indican aumento de acidez, los que son mayores de 7 y próximos a 14 indican aumento de alcalinidad, mientras que cuando el valor es 7 indica neutralidad. El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6.5 y 8.5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9 donde relativamente existe la mayor parte de la vida biológica.

Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos, si el pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora es alterado (León y Lucero, pg.44).

## **Ensayos para remoción de fòsforo y pH**

El ensayo de laboratorio de pH fue mediante la metodología de SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 4500-H+B, 22nd Ed. 2012. pH Value. Eletrometric Method. El principio básico se fundamenta en el registro pontenciométrico de la actividad de los iones de hidrógeno por el uso de un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia, o un electrodo combinado. La fuerza electromotriz producida por el sistema electroquímico varía linealmente con el pH y puede verificarse por la obtención grafica del pH vs. La fuerza electromotriz (Afanador, 2007, pg. 2).

Para la determinación de la cantidad inicial de fòsforo se realizó el mismo procedimiento para tomar la muestra representativa de agua que está descrita en el ensayo de potencial de hidrogeno. El ensayo de laboratorio de fòsforo fue mediante la metodología de SMEWW-APHA 4500- P E.Phosphorus. Ascorbic Acid Method.

El análisis de fòsforo envuelve dos pasos generales: conversión de la forma de fòsforo total a ortofosfato disuelto, y determinación colorimétrica del ortofosfato disuelto. El molibdato de amonio y el tartrato de antimonio y potasio reaccionan en un medio ácido con el ortofosfato para formar un heteropoliácido – ácido fosfomolibdico – que es reducido por ácido ascórbico a un complejo azul de molibdeno intensamente coloreado; sólo las formas de ortofosfatos forman dicho color azul en esta prueba (Sanabria, pg. 2)

La investigación se justifica debido a que hoy en día que la contaminación del agua crea más desigualdad: los más afectados son los pobres de las zonas rurales de los países en desarrollo porque son los que más usan el agua de los ríos o lagos para beber, para bañarse, lavar ropa o cocinar. De acuerdo con el estudio, con los actuales niveles de contaminación en el agua, en estos tres continentes 323 millones de personas podrían contraer alguna enfermedad que ponga en riesgo su vida, como cólera, tifoidea, hepatitis, polio o diarrea. De ellos, 164 millones están en países de África, 134 millones de Asia y 25 millones de América Latina. Actualmente en todo el mundo mueren cada año unos 3,4 millones de personas por esta causa, la proporción de nitrógeno y fósforo en las cuencas fluviales donde la actividad humana es más intensa y hay más población se está alterando de forma que el fósforo ha pasado de ser un nutriente a ser un contaminante global, según un estudio con colaboración del Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF-UAB).

A nivel local, sabemos que el distrito de Coishco no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable propio, ya que se abastece de agua básicamente gracias al Distrito de Santa, debido a esto , cuando ocurrió el desastre del fenómeno del niño, la conexión de tuberías que hubo entre estos distritos respecto al agua se cortó , ya que las tuberías se rompieron, estando así la población de Coischo sin agua por unas semanas al no contar con un sistema de tratamiento de agua potable propio, a su vez sabemos que cerca de Coishco se encuentra una corriente de agua superficial que es la quebrada Cascajal , del cual este distrito se podría abastecer, pero al realizar un estudio preliminar de sus aguas se pudo observar que ésta es receptora de descargas directas de efluentes generados por diversos sectores tanto poblacional, industrial y agrícola, por el cual el agua superficial de la quebrada Cascajal está siendo afectada, ya que contiene una gran cantidad de fosforo en ella debido al vertimiento de productos agroquímicos, lo que crea un riesgo obvio para la salud humana, la ecología y los animales. Para mejorar las condiciones de salud y saneamiento en los países en vías de desarrollo, se necesitan sistemas de tratamiento eficientes y de bajo costo para el manejo de aguas potables y aguas residuales.

En los últimos años han surgido diversos estudios sobre el tratamiento de aguas residuos utilizando sistemas de plantas (humedales artificiales), estos sistemas tienen la particularidad de utilizar diversos tipos de plantas en serie para la remoción de diversos contaminantes (metales pesados, nutrientes, etc.) ,es por eso que se encontró que el Jacinto de Agua , mediante su sistema de rizofiltración la cual absorbe metales y no metales mediante sus raíces , puede ser una solución al problema de fosforo presente en la quebrada, y a su vez encontrar el parámetro adecuado mediante su densidad para un futuro diseño de humedal superficial, lo cual representa una gran oportunidad para poner en práctica estrategias de desarrollo y eliminación de la contaminación ambiental que está afectando sobre todo a las poblaciones más pobres del Perú , para efecto se plantea el siguiente problema: ¿En qué medida el uso del jacinto de agua (*eichhornia crassipes*) optimizando su densidad removerá el fosforo disuelto en el agua dulce superficial de la quebrada Cascajal?



En la conceptualización y operacionalización de las variables se tiene como variable dependiente el nivel de remoción de fósforo, en donde se define conceptualmente al fósforo como uno de los nutrientes que contribuyen en mayor grado a la eutrofización de lagos y aguas naturales. Su presencia causa muchos problemas en la calidad del agua incluyendo aumentos en los costes de purificación, la disminución del valor de recreación y de conservación del lagunaje, pérdida de las poblaciones naturales y un posible efecto mortal de las toxinas en las aguas potables. (Gray&Elsevier,2005), en tanto a su definición operacional es Agua alcalina la cual contiene niveles elevados de nutrientes de fósforo y nitrógeno entre otros, con un pH elevado, teniendo así su dimensión en la Hidrología, que ciencia que estudia todos los aspectos relacionados al agua, tales como su origen, propiedades, movimiento y su relación con el ambiente, es decir, con el hombre, los animales, las plantas, el suelo y el clima. (Aparicio-Mijares, F. J. ,1989) y teniendo como indicador a mg P/L de fósforo en el agua.

Y como variable independiente se tiene al Jacinto de Agua el cual se define conceptualmente como una macrofita acuática de crecimiento y reproducción acelerada. El Jacinto de agua crece en una gran variedad de humedales y prefiere las aguas enriquecidas en nutrientes, sin embargo, puede tolerar varios niveles de temperatura y pH. El pH óptimo para su crecimiento es de 6 a 8, y puede crecer en un amplio rango de temperatura de 1 a 40°C con un óptimo de crecimiento de 25 a 27.5°C (Malik, 2007). A su vez se define operacionalmente como la rizo filtración que utiliza las plantas para eliminar del medio hídrico contaminantes a través de la raíz, se considera una técnica parecida a la fitoextracción. En el rizo filtración estas plantas se cultivan de manera hidropónica. Cuando el sistema radicular está bien desarrollado, las plantas se introducen en el agua contaminada con metales, en donde las raíces los absorben y acumulan. A medida que las raíces se van saturando, las plantas se cortan y se disponen para su uso final. (Delgadillo et al., 2011). Su dimensión abarca la Botánica que es una rama de la biología que se ocupa del estudio de las plantas, bajo todos sus aspectos, lo cual incluye su descripción, clasificación, distribución, identificación, el estudio de su reproducción, fisiología, morfología. (Molina, 2009)

Como hipótesis se tiene que si uso del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), optimizando su densidad removería el fosforo del agua superficial de la quebrada Cascajal.

Como objetivo general se busca optimizar la densidad de la *Eichhornia crassipes* “Jacinto de Agua” para remoción de fósforo con Jacinto de Agua (*Eichhornia Crassipes*) en la quebrada de cascajal.

Y como objetivos específicos tenemos los siguientes:

- Caracterización del agua de la quebrada Cascajal a 400 m antes de la desembocadura al mar.
- Determinar la carga de plantas para las densidades de las plantas de Jacinto de agua.
- Determinar el nivel de fósforo y pH de las aguas de la quebrada de Cascajal en dos periodos de 7 y 14 días utilizando plantas de Jacinto de Agua (*Eichhornia Crassipes*) en estanques de 30, 40 y 50 cm de altura.
- Determinar la masa de las plantas de Jacinto de Agua a los 7 y 14 días.
- Determinar el uso consuntivo de las plantas de Jacinto de Agua con relación al agua a tratar, en 7 y 14 días.

## II. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de la investigación fue experimental, complementado de la Observación Científica ya que se descubrió nuevos conocimientos con el Jacinto de agua, utilizando una densidad de 5 kg/m<sup>2</sup> y 10 kg/m<sup>2</sup> de este, en 3 estanques de 30 40 y 50 cm de altura, los cuales contenían 30 40 y 5 litros de agua de la quebrada Cascajal, en periodos de estancamiento de 7 y 14 días. Al inicio de la investigación se tomó primero una muestra de 500 ml de agua de cada estanque, para su respectivo ensayo de pH y fósforo en el Laboratorio de Sedalib , para saber cuál era el nivel de pH y la cantidad de fosforo que tiene el agua al inicio, también se inició con 500 gr. de Jacinto de Agua en cada estanque , y se midió el nivel del agua al inicio. A los 7 y 14 días , se tomó otra muestra de 500 ml de agua para sus respectivos ensayos de pH y Fosforo ,para saber si el nivel de pH y la cantidad de fosforo presente en el agua, para saber si disminuyeron esos niveles, así también se sacó las plantas de jacinto de cada estanque, para observar si la masa de estas plantas aumento en esos periodos de tiempo, y a su vez se midió el nivel del agua de cada estanque para saber cuánto fue de agua que consumió la plata.

El tipo de investigación es Aplicada, porque sirvió como una alternativa nueva referente al tratamiento de aguas superficiales, ya que con la utilización del Jacinto de Agua ayudo a remover el fosforo presente en ella, y a su vez obtuvo el parámetro adecuado de acuerdo a los ensayos hechos en diferentes alturas de los estanque , con este parámetro referente a la altura, servirá de guía para un futuro diseño de humedales superficiales en el distrito de Coischo , ya que la altura es esencial en estos diseño porque así podremos saber cuáles serían las dimensiones del humedal, el volumen de agua que ocuparía y la eficiencia del jacinto en esta , con esto el distrito de Coischo podrá obtener un sistema de tratamiento de aguas sustentables y de bajo costo.

El diseño de la investigación fue Experimental de nivel “Cualitativo-Cuantitativo”; porque se comparó 3 grupos de estudio de 30 40 y 50 cm, con una densidad de plantas de 5 kg/m<sup>2</sup> y 10kg/m<sup>2</sup>; realizando el control y manipulación de la variable independiente que son las plantas de jacinto, para ello se estudió un nuevo método de tratamiento de agua superficiales para mejorar la calidad del agua contaminada.

De acuerdo a la población y muestra, estos tienen la finalidad de estudiar la capacidad de remoción de fósforo y estabilización del pH en diferentes niveles de 30, 40 y 50 cm de alto, se utilizó el jacinto de agua en periodo de 7 y 14 días. La densidad del jacinto que se utilizó fue de 5 kg/m<sup>2</sup> y 10 kg/m<sup>2</sup>, así también se estudió el comportamiento de este, según su masa y la capacidad consuntiva de la planta. Lo cual conlleva hacer 2 ensayos en laboratorio (pH y Fósforo) de cada estanque de vidrio de 30 40 y 50 cm de alto. En los cual la unidad de análisis serán los estanques de vidrio con Jacinto.

Con lo cual la población está conformado por el agua recolectada de la quebrada cascajal que se ubica en la parte que comprende entre Coischo y santa , a 40 metros antes de la desembocadura al mar, ahí será donde se recolecte el agua con coordenadas (S 9° 0' 49.329" , O 78° 37'6.851") Latitud -9.01370260164957 Longitud -78.61856976433118, ya que , al costado de este punto , se encuentran terrenos que se pueden utilizar para la construcción de los humedales superficiales para el tratamiento de agua.

Y a su vez la muestra inicial fue de 30 , 40 y 50 litros de agua recolectadas en la quebrada cascajal a 400 m antes de la desembocadura al mar y se colocaron en estanques de 30,40 y 50 cm , todo esto guiado al antecedente de mi tesis de bachiller donde ocupe 20 litros de agua con resultados requeridos a lo propuesto , y a una altura de 20 cm, de acuerdo a la altura donde la planta tiene su crecimiento adecuado , en por eso que esta investigación se utilizó más litros de agua y una altura mucho mayor, para saber cuál es la adecuada para un futuro diseño de un humedal superficial. A su vez se tomó una muestra de agua, para su experimentación se tomará 500 ml de cada estanque para medir el nivel de pH y la cantidad de fósforo presente en cada estanque.

A los 7 y 14 días se tomó una muestra de 500 ml de cada estanque, para observar el nivel de pH y la cantidad de fósforo en ellas. Así también se realizó el pesado de las plantas para observar si aumentó o disminuyó su masa, a su vez mediremos el nivel del agua para ver cuánto se ha consumido en esos períodos.

Para el diseño muestral, primero se tomó una muestra de agua de cada estanque, antes de colocar las plantas de jacinto, para su respectivo ensayo de pH y Fósforo que tienen al inicio. Se procedió a pesar las plantas y medir en nivel del agua al inicio. Luego de esto se colocó las plantas al estanque y empezó la función de esta. Luego a los 7 y 14 días, se volvió a repetir el procedimiento, tomando una muestra de agua de 500 ml de cada estanque para luego llevarlos a Sedalib para sus ensayos y así mismo también pesar las plantas y medir el nivel del agua.

Entre las técnicas e instrumentos de investigación tenemos lo siguiente:

Tabla 2  
Técnicas e Instrumentos de investigación

<b>Técnicas de Recolección</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Ámbito de la Investigación</b>
Observación Científica	Guía de Observación (Fichas Técnica de Lab.)	Grupo Experimental

Fuente: Propia

Por ser un proyecto de investigación con un nivel Experimental, ya que se requirió descubrir nuevos conocimientos con las plantas utilizadas en el agua de la quebrada Cascajal, por tanto se optó por usar como Técnica de Investigación: “la observación científica y como instrumentos fichas técnicas de laboratorio”, ya que primero se tomó una muestra de 500 ml de los estanques de 30 40 y 50 cm , para obtener el nivel de pH y la cantidad de fósforo al inicio de la investigación , así también se colocaron 7 plantas en cada estanque (500 gramos) y se midió el nivel de agua que iniciaron con 30 40 y 50 litros de agua , con esto a los 7 días y 14 días , lo primero es que se tomó una muestra de 500 ml de cada uno , para así obtener el nivel de pH y la cantidad de fósforo en cada estanque, para saber si aumentó o

disminuyó , a su vez también se pesaron las plantas y vimos si en esos lapsos de período la planta sufrió un cambio en la masa de esta , ya sea si aumentó o disminuyó, así como también se midió el nivel del agua, para saber cuántos litros consumieron las plantas en 7 y 14 días.

Con esto podremos reconocer, apreciar y comparar las principales características al inicial y final de la investigación. Estos respectivos ensayos se realizaron en el Laboratorio de Aguas de Sedalib , el cual está acreditado con el N° de Registro LE – 118 INACAL , bajo la norma ISO/IEC 17025 , La acreditación del laboratorio de ensayo y calibración de Sedalib, verifica la capacidad de sus instrumentos de medición mediante el uso de patrones y otorga certificados que garantizan el correcto trabajo. Ha cumplido con todas las exigencias como: contar con personal técnico y competente y además de tener equipos e infraestructura necesaria.

➤ **Ensayo 01**

- ✓ SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 4500-H+B, 22nd Ed. 2012. pH Value. Eletrometric Method

Procedimiento que debe seguirse para determinar el pH que tiene el agua, lo cual se aplicó al inicio de la investigación y luego a los 7 y 14 días.

➤ **Ensayo 02**

- ✓ SMEWW-APHA 4500- P E.Phosphorus. Ascorbic Acid Method.

Procedimiento que debe tenerse en cuenta para observar la cantidad de fósforo presente en el agua, el cual se aplicó al inicio de la investigación y luego a los 7 y 14 días.

Como el procedimiento para realizar la investigación ,empezamos realizando una visita a Sunnas para obtener información sobre cómo se debe tomar una muestra de agua superficial de una quebrada y así poder saber la cantidad necesaria que se debe tomar, y luego de esto se mandó una solicitud de cotización para ensayos de pH, fosforo, solidos suspendidos, turbiedad y conductividad eléctrica, al laboratorio de aguas de Sedalib, para luego poder ir a dejar nuestras muestras para sus respectivos ensayos.



Fig.1 Visita a Sunass para obtener información sobre la toma de muestras de agua.



Fig.2 Dejando Muestra en el Laboratorio de Sedalib

Se recolectó el agua de la quebrada cascajal, una muestra de 500 ml para sus respectivos ensayos de pH y fósforo. La quebrada de cascajal, se ubica en la parte que comprende Coischo y Santa, a 400 metros antes de la desembocadura al mar ahí será donde se recolecte el agua Coordenadas (9°00'49.9"S 78°37'13.5"W) , su recorrido está lleno de campos agrícolas que vierten sus aguas llenos de fertilizantes , quienes tienen alta cantidad de fósforo y nitrógeno , a las aguas de la quebrada.



Fig.3 Quebrada cascajal.



Fig.4 Quebrada cascajal que sigue su curso por fábricas y campos agrícolas.





Fig.5 Recolección de las muestras de Agua.

Construcción de los estanques de vidrio de 30 40 y 50 cm de altura. Se calculó las dimensiones del estanque para un volumen de 30 40 y 50 litros de agua, y para una altura de 30 40 y 50 cm. De las cuales tomamos un ancho de 25 centímetros y un largo de 40 cm a criterio propio, de lo cual realizamos una regla de 3 simples, para obtener la Altura.

$$40 \text{ cm} * 25 \text{ cm} * X = 30 \text{ L} \rightarrow X = 30 \text{ cm}$$

$$40 \text{ cm} * 25 \text{ cm} * X = 40 \text{ L} \rightarrow X = 40 \text{ cm}$$

$$40 \text{ cm} * 25 \text{ cm} * X = 50 \text{ L} \rightarrow X = 50 \text{ cm}$$



Fig.6 plancha de vidrio y 2 siliconas.



Fig.7 Construcción de 3 Estanques



Fig.8 Estanques de vidrio de 40 cm x 25 cm o y 30-40-50 cm de altura.

De acuerdo a la información brindada en la Sunass, se procedió a recolectar el agua de la quebrada cascajal, en medio de la quebrada a 400 metros antes de la desembocadura al mar, a media altura , en la cual necesitábamos 120 litros, los cuales se distribuyeron en 6 baldes de 20 litros cada uno ,así como también contamos con movilidad para transportar los baldes al lugar de los estanques de vidrio.



Fig.9 Recolección de agua 120 litros de agua  
6 baldes de 20 litros cada uno.

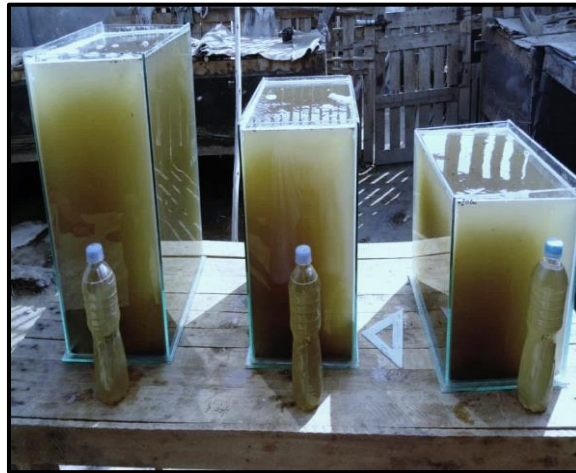


Fig.10 Estanques con muestras de 500 ml de cada uno.

La recolección de las plantas de jacinto de agua, se hicieron en San Luis a 200 metros de la entrada a este en una acequia al costado de Hidrandida, donde las plantas se encontraban estancadas, y en gran proporción , con otras plantas acuáticas también, se llevaron 2 baldes para su recolección , como aplicaremos 2 densidades de 5 kg/m<sup>2</sup> y 10 kg/m<sup>2</sup> , y segundo las dimensiones en m<sup>2</sup> de nuestros estanques , se necesitaron 500 gramos y 1000 gramos en cada

estanque , por eso se recolectaron 63 plantas de las cuales 7 hacian un peso de 500 gramos, los cuales fueron 7 plantas en cada estanque de 30 , 40 y 50 cm de altura , asi como tambien se necesitaron 14 plantas con un peso total de 1000 gramos , con lo cual se colocaron 14 plantas en cada estanque de 30 , 40 y 50 cm de altura.



Fig.11 Recolección a 200 metros de la entrada de San Luis.



Fig.12 Plantas de Jacinto en su habitad natural .



Fig.13 Recolección de plantas de Jacinto, un total de 70 plantas.



Fig.14 Se recolectó las plantas que estuvieran a mitad de su crecimiento.



Fig.15 Colocación de las Plantas en los estanques.

Cada 7 y 14 días, para seguir nuestro método experimental de remoción y optimización, se tomó una muestra de 500 ml de cada estanque de 7 y 14 plantas, para sus respectivos ensayos de pH y Fosforo.



Fig16 Tomando Muestras de los Estanques

Cada 7 y 14 días, se pesan las plantas y se mide el nivel del agua en cada estanque para observar el uso consuntivo de la planta , ya que las plantas tienen una gran capacidad de absorción del agua y un rápido aumento de masa.



Fig.17 Se mide el nivel del agua cada 7 y 14 días.



Fig.18 Se retiran las plantas medir su masa.



Fig.19 Pesaje de las Plantas

Tomar una muestra de cada estanque de 500 ml, cada 7 y 14 días para sus ensayos de pH y fosforo.

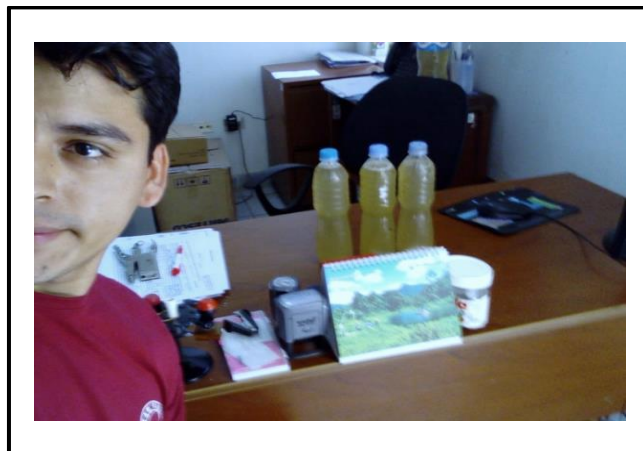


Fig.20 Muestras dejadas en las oficinas de Sedalib.

Con los datos obtenidos realizaremos cuadros que facilitarán el análisis de los resultados de Remoción de fosforo, estabilización del pH, Masa de las plantas y el uso consuntivo de las plantas, asi como tambien se pudo observar en las plantas como fue que fueron creciendo y la reproducción mediante estolones de estas



Fig.21 Plantas de Jacinto de Agua, crecieron sus raíces su masa y tamaño.



Fig.22 Algunas plantas se reprodujeron mediante estolones.



### III. RESULTADOS:

- Resultado de análisis de pH (Potencial de Hidrogeno), P (Fósforo Totales), Conductividad, Turbiedad y Solidos Totales.

Tabla 3  
Caracterización del Agua

Ensayos	pH (Unidad)	P (mg/L)	Conductividad ( $\mu$ s/cm)	Turbiedad (UNT)	Solidos Totales (mg/L)
MA	8,89	0.3542	1658	230	557

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad, Sedalib (26/1118)

MA, es una muestra de 500 ml de agua superficial de la quebrada Cascajal, de la cual se le hicieron los ensayos nombrados en la tabla n°3. En este resultado se puede ver que la cantidad de fósforo supera un 200% lo establecido. El pH no se encuentra entre los límites de la neutralidad y es elevado, la conductividad esta elevada un 10%, La turbiedad del agua está demasiado elevada y los sólidos totales supera un 100%, lo permitido por el estándar de calidad ambiental dado por aguas superficiales para producción de agua potable (Minam,2017).

- Resultado de análisis de pH del agua superficial de la quebrada cascajal.

Tabla 4  
Niveles de pH en muestras Patrón

Patrón	H1	H2	H3	H4	H5	H6
pH (Unidad)		8,88			8.87	

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad, Sedalib (10/12/18)

**H1-H2-H3**, contienen las muestras 500 ml de muestra patrón de la quebrada Cascajal, donde se colocaron las 7 plantas de jacinto de agua, para sus respectivos ensayos de pH. H1 es la muestra del estanque de 50 cm de altura, H2 es la muestra del estanque de 40 cm de altura y H3 es la muestra del estanque de 30 cm de altura.

**H4-H5-H6**, contienen las muestras 500 ml de muestra patrón de la quebrada Cascajal, donde se colocaron las 14 plantas de jacinto de agua, para sus respectivos ensayos de pH. H4 es la muestra del estanque de 50 cm de altura, H5 es la muestra del estanque de 40 cm de altura y H6 es la muestra del estanque de 30 cm de altura.

Tal y como se puede observar en los resultados, para la muestra de 7 plantas y 14 plantas, el pH es elevado, ya que la neutralidad del pH esta entre 6.5 y 8.5, según la tabla N. °4.

- Resultado de análisis de P (Fósforo) del agua superficial de la quebrada Cascajal.

Tabla 5  
Fósforo Total en muestras Patrón

<b>Patrón</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>	<b>H4</b>	<b>H5</b>	<b>H6</b>
<b>P(mg/L)</b>		0.3558			0.3657	

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad, Sedalib (10/12/18)

**H1-H2-H3**, contienen las muestras 500 ml de muestra patrón de la quebrada cascajal, donde se colocaron las 7 plantas de jacinto de agua, para sus respectivos ensayos de fósforo. H1 es la muestra del estanque de 50 cm de altura, H2 es la muestra del estanque de 40 cm de altura y H3 es la muestra del estanque de 30 cm de altura.

**H4-H5-H6**, contienen las muestras 500 ml de muestra patrón de la quebrada cascajal, donde se colocaron las 14 plantas de jacinto de agua, para sus respectivos ensayos de fósforo. H4 es la muestra del estanque de 50 cm de altura, H5 es la muestra del estanque de 40 cm de altura y H6 es la muestra del estanque de 30 cm de altura.

Tal y como se puede observar en los resultados, para la muestra de 7 plantas y 14 plantas, el resultado obtenido es de 0,3558 mg/L y 0,3657 mg/L el nivel de fósforo el cual supera un 200% el estándar de calidad ambiental dado por aguas superficiales para producción de agua potable mostrado en la tabla N°.4, el cual es 0,100 mg/L (Minam,2017).

- Resultado del pesaje inicial de la masa de las cargas del Jacinto de Agua

Cuadro 4: Carga de Plantas

<b>Planta</b>	<b>Cultivo para 0,10m2</b>	<b>N.º de Plantas</b>
Eichhornia Crassipes D1	0,50 kg	7
Eichhornia Crassipes D2	1,00 kg	14

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 5: Volumen y Altura de los Estanques

<b>Volumen de Agua</b>	<b>Altura de Agua</b>
30-40-50litros	30-40-50cms.

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar, para la densidad de 5 kg/m<sup>2</sup> se utilizaron 7 plantas, las cuales tuvieron un peso de 500 gr y con 14 plantas un peso de 1000 gr. Los cuales se colocaron en 6 estanques, 3 estanques con 500 gr y otros 3 con 1000 gr, y los estanques tienen una altura que va concorde a los litros que se colocaron en cada una, por eso los de 30 cm tuvieron 30 litros, los de 40 cm tuvieron 40 litros y los que tienen 50 cm tuvieron 50 litros de agua.

- Resultado del pesaje inicial de la masa de las cargas del Jacinto de Agua.

Tabla 6  
Masa de cada muestra Patrón.

<b>Patrón</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>	<b>H4</b>	<b>H5</b>	<b>H6</b>
Masa(gr)	500	500	500	1000	1000	1000

Fuente: Elaboración Propia

**H1-H2-H3**, contienen la densidad de 5kg/m<sup>2</sup>, el cual según los m<sup>2</sup> de los estanques (25\*40 m) nos da una cantidad de 500 gr, con lo cual se pudo obtener ese peso en 7 plantas. H1 es la muestra del estanque de 50 cm de altura, H2 es la muestra del estanque de 40 cm de altura y H3 es la muestra del estanque de 30 cm de altura.

**H4-H5-H6**, contienen la densidad de 10kg/m<sup>2</sup>, el cual según los m<sup>2</sup> de los estanques (25\*40 m) nos da una cantidad de 1000 gr, con lo cual se pudo obtener ese peso en 14 plantas. H4 es la muestra del estanque de 50 cm de altura, H5 es la muestra del estanque de 40 cm de altura y H6 es la muestra del estanque de 30 cm de altura.

- Resultado del Nivel inicial antes del uso consuntivo de la Planta

Tabla 7  
Nivel del agua en cada muestra Patrón.

<b>Patrón</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>	<b>H4</b>	<b>H5</b>	<b>H6</b>
Nivel(litros/cm)	50	40	30	50	40	30

Fuente: Elaboración Propia

**H1-H2-H3**, contienen el volumen de agua a utilizar en cada estanque de acuerdo a los m<sup>2</sup> (40cm\*25 cm) y a la altura de cada estanque, H1 es la muestra del estanque de 50 cm de altura que contiene 50 litros, H2 es la muestra del estanque de 40 cm de altura que contiene 40 litros y H3 es la muestra del estanque de 30 cm de altura que contiene 30 litros.

**H4-H5-H6**, contienen el volumen de agua a utilizar en cada estanque de acuerdo a los m<sup>2</sup> (40cm \*25 cm) y a la altura de cada estanque. H4 es la muestra del estanque de 50 cm de altura que contiene 50 litros, H5 es la muestra del estanque de 40 cm de altura que contiene 40 litros y H6 es la muestra del estanque de 30 cm de altura que contiene 30 litros.

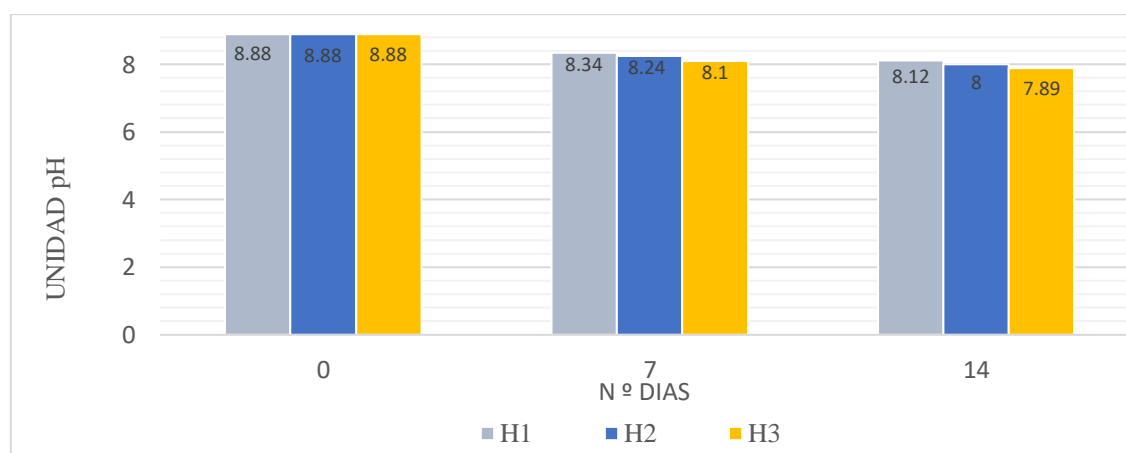
- Resultado de análisis de pH (Potencial de Hidrógeno) del agua de la quebrada Cascajal a los 7 y 14 días.

Tabla 8  
Niveles de pH en cada muestra Experimental

pH (mg/L)	H1	H2	H3	H4	H5	H6
<b>Patrón</b>		8,88			8,87	
<b>7 días</b>	8,34	8,24	8,10	7,91	7,78	7,61
<b>14 días</b>	8,12	8,00	7,89	7,41	7,21	6,94

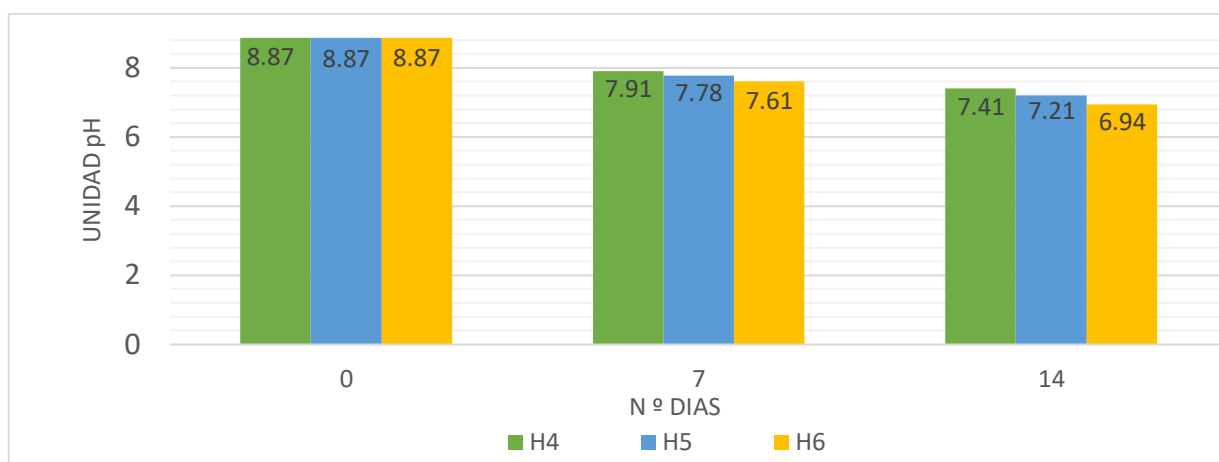
Fuente: Laboratorio de Control de Calidad , Sedalib (17/12/18 – 24/12/18)

Gráfico 1: Estabilización del pH con 7 Plantas



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2: Estabilización del pH con 14 Plantas



Fuente: Elaboración Propia

**H1-H2-H3**, contienen las muestras 500 ml de muestra patrón y experimental a los 7 y 14 días de estancamiento, donde se colocaron las 7 plantas de jacinto de agua, para sus respectivos ensayos de pH. H1 es la muestra del estanque de 50 cm de altura, H2 es la muestra del estanque de 40 cm de altura y H3 es la muestra del estanque de 30 cm de altura.

**H4-H5-H6**, contienen las muestras 500 ml de muestra patrón y experimental a los 7 y 14 días de estancamiento, donde se colocaron las 14 plantas de jacinto de agua, para sus respectivos ensayos de pH. H4 es la muestra del estanque de 50 cm de altura, H5 es la muestra del estanque de 40 cm de altura y H6 es la muestra del estanque de 30 cm de altura.

De los resultados obtenidos se puede observar que el pH del agua pasó de ligeramente alcalino a casi neutro obteniendo un pH de 8,12 en el estanque de 50 cm, 8.00 en el estanque de 40 cm y de 7.89 en el estanque de 30 cm, con la densidad de 5kg/m<sup>2</sup>.

Con la densidad de 10 kg/m<sup>2</sup>, pudimos observar que a comparación con la densidad de 5kg/m<sup>2</sup>, el pH del agua se redujo a mayor cantidad a los 7 días, el pH ya estaba dentro de los límites permitidos para uso poblacional y donde se ve mejor reflejado en el estanque de 30 cm, que obtuvo un pH de 7,61 y a los 14 días un pH de 6.94.

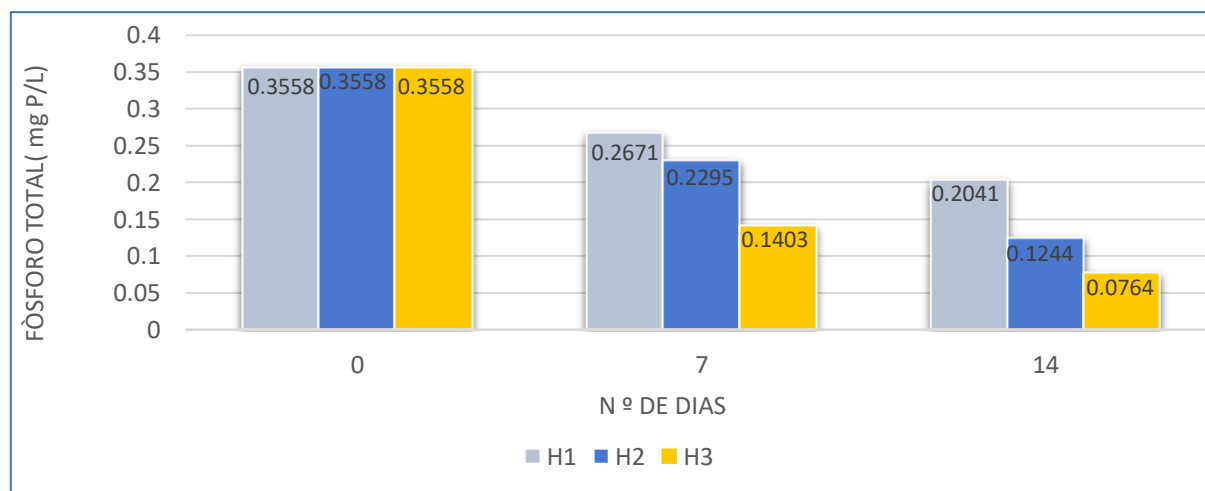
- Resultado de análisis de Fósforo (P) del agua de la quebrada cascajal a los 7 y 14 días.

Tabla 9  
Fósforo total en Muestra Patrón y Experimental de 7 y 14 plantas

P (mg/L)	7 PLANTAS				14 PLANTAS	
	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Patrón		0.3558			0.3657	
7 días	0.2671	0.2295	0.1403	0.1478	0.0974	0.0601
Remoción	24.92%	35.49%	60.56%	59.58%	73.36%	83.56%
14 días	0.2041	0.1244	0.0764	0.0745	0.0141	0.0095
Remoción	42.63%	65.03%	78.52%	79.62%	96.14%	97.40%

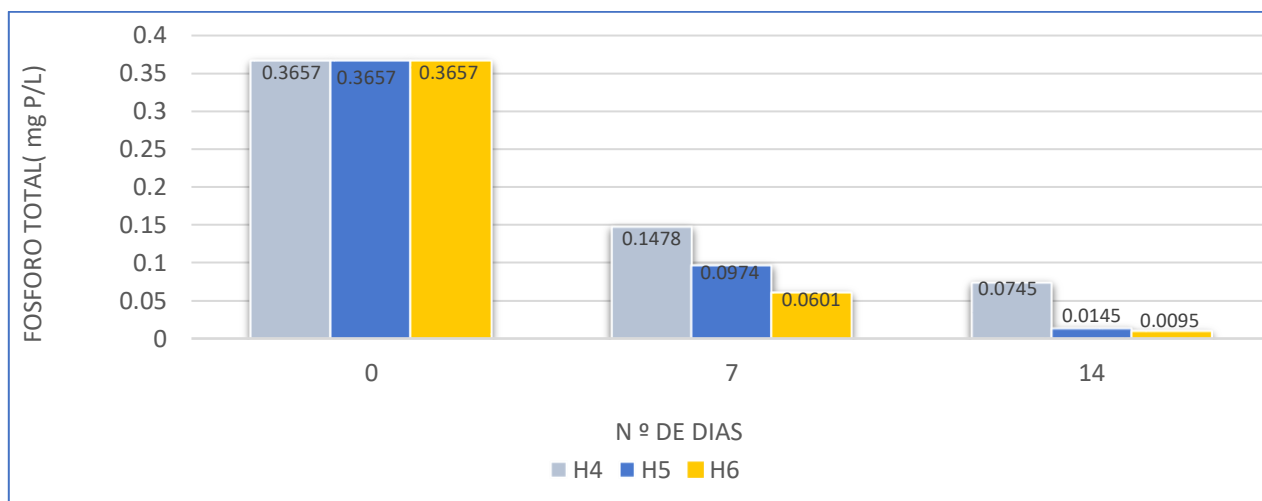
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3: Remoción de fósforo con 7 Plantas.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4: Remoción de fòsforo con 14 Plantas.



Fuente: Elaboración Propia

**H1-H2-H3**, contienen las muestras 500 ml de muestra patrón y experimental a los 7 y 14 días de estancamiento, donde se colocaron las 7 plantas de jacinto de agua, para sus respectivos ensayos de fosforo. H1 es la muestra del estanque de 50 cm de altura, H2 es la muestra del estanque de 40 cm de altura y H3 es la muestra del estanque de 30 cm de altura.

**H4-H5-H6**, contienen las muestras 500 ml de muestra patrón y experimental a los 7 y 14 días de estancamiento, donde se colocaron las 14 plantas de jacinto de agua, para sus respectivos ensayos de fosforo. H4 es la muestra del estanque de 50 cm de altura, H5 es la muestra del estanque de 40 cm de altura y H6 es la muestra del estanque de 30 cm de altura.

De los resultados obtenidos se puede observar que en los primeros 7 días y para una carga de 7 plantas se obtuvo un porcentaje de remoción del 22.94% en el estanque de 50 cm, 35.73% en el estanque de 40 cm y un 61.43% en el estanque de 30 cm. A los 14 días se presentó un nivel de remoción del 41.11% en el estanque de 50 cm, 65.17% en el estanque de 40 cm y un 78.99% en el estanque de 30 cm, a comparación con la carga de 14 plantas, y a 7 días de las muestras de experimentación, se puso observar que la remoción en los estanques de 40 y 30 cm, llegaron a los límites permisibles para uso poblacional, removiéndolos en 73 y 83%. Al final de los 14 días de



experimentación, la remoción de 50 cm fue de un 79%, de 40 cm de un 96% y de 30 cm de un 97%.

- Resultado del pesaje de la masa de las cargas del Jacinto de Agua a los 7 y 14 días.

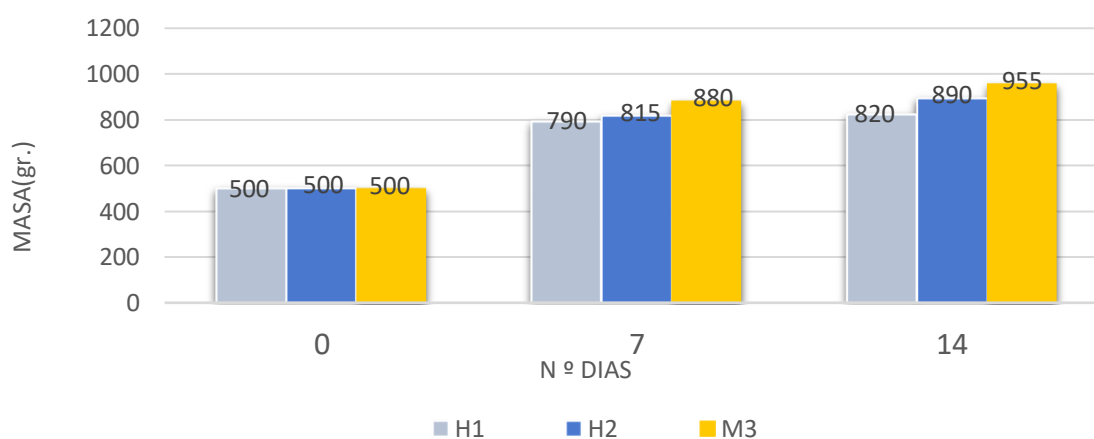
Tabla 10

Masa de la Muestra Patrón y Experimental de 7 y 14 plantas

Peso (gr.)	7 PLANTAS			14 PLANTAS		
	H1	H2	H3	H4	H5	H6
<b>Patrón</b>	500	500	500	1000	1000	1000
<b>7 días</b>	790	815	880	1550	1675	1765
<b>14 días</b>	820	890	955	1785	1850	1985
<b>Crecimiento</b>	64%	78%	91%	78.5%	85.0%	98.5%

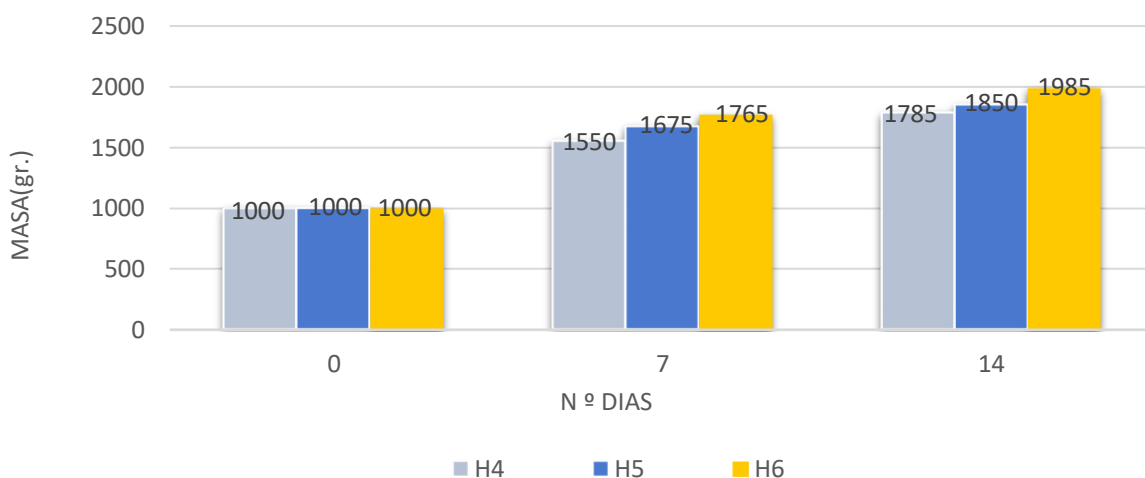
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5: Aumento de la masa en los estanques con 7 plantas.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 6: Aumento de la masa en los estanques con 14 plantas.



Fuente: Elaboración Propia

**H1-H2-H3**, contienen la masa de la carga de 7 plantas al inicio y luego de su periodo de estancamiento de 7 y 14 días H1 es la muestra del estanque de 50 cm de altura, H2 es la muestra del estanque de 40 cm de altura y H3 es la muestra del estanque de 30 cm de altura.

**H4-H5-H6**, contienen la masa de la carga de 14 plantas al inicio y luego de su periodo de estancamiento de 7 y 14 días. H4 es la muestra del estanque de 50 cm de altura, H5 es la muestra del estanque de 40 cm de altura y H6 es la muestra del estanque de 30 cm de altura.

De los resultados obtenidos podemos observar que, a los 14 días del tratamiento del agua con el jacinto de agua, la masa de 7 plantas de H1-H2-H3 ha aumentado 64%, 78% y 91% respectivamente, a comparación de su masa inicial, se observó una clara diferencia de aumento en el estanque de menor altura (H3). Con la carga de 14 plantas, se pudo ver que, a los 7 días, la masa de las plantas aumento entre un 55 y 67 %, y a los 14 días un aumento del 78% 85% y 98%, en los estanques de 50, 40 y 30 cm de altura, básicamente duplicando su masa en el estanque de 30 cm.

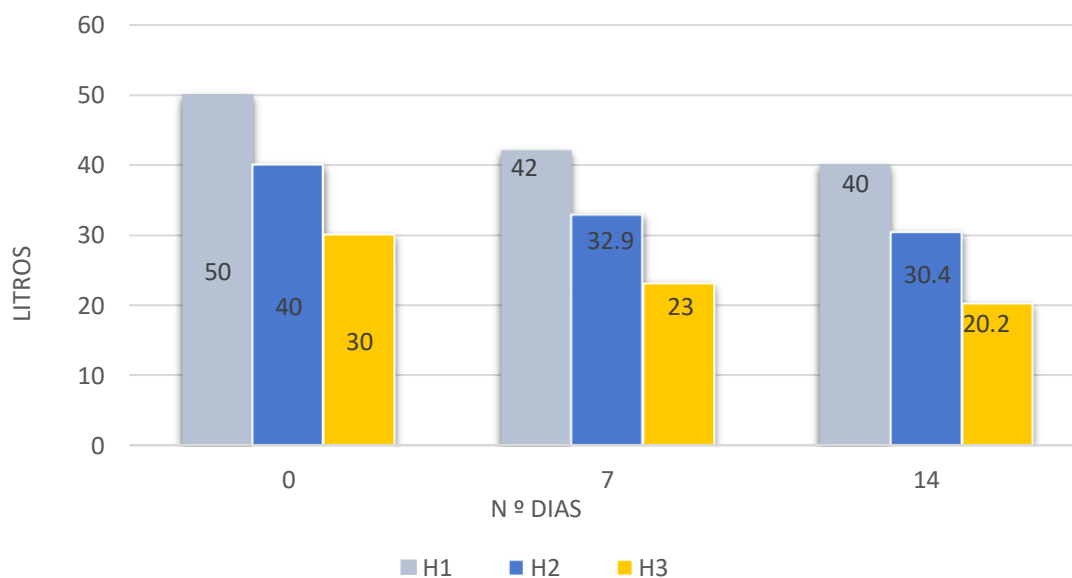
- Resultado del Nivel del agua después del uso consuntivo de la Planta a los 7 días.

Tabla 11  
Nivel del agua en 7 y 14 días en muestras experimentales.

Litros	7 PLANTAS			14 PLANTAS		
	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Nivel del agua Inicial	50	40	30	50	40	30
Nivel del agua 7 días	42	32.9	23	40	29	18
Uso Consuntivo	8	7.1	7	10.0	11.0	12
Eva/Abs	(0,80/7,20)	(0,80/6,30)	(0,80/6,20)	(0,80/9,20)	(0,80/10,20)	(0,80/11,20)
Nivel del agua 14 días	40	30.4	20.2	38	27	16
Uso Consuntivo	10	9.6	9.8	12.0	13.0	14.0
Eva/Abs	(1,60/8,40)	(1,60/8,00)	(1,60/8,20)	(1,60/10,40)	(1,60/11,40)	(1,60/12,40)

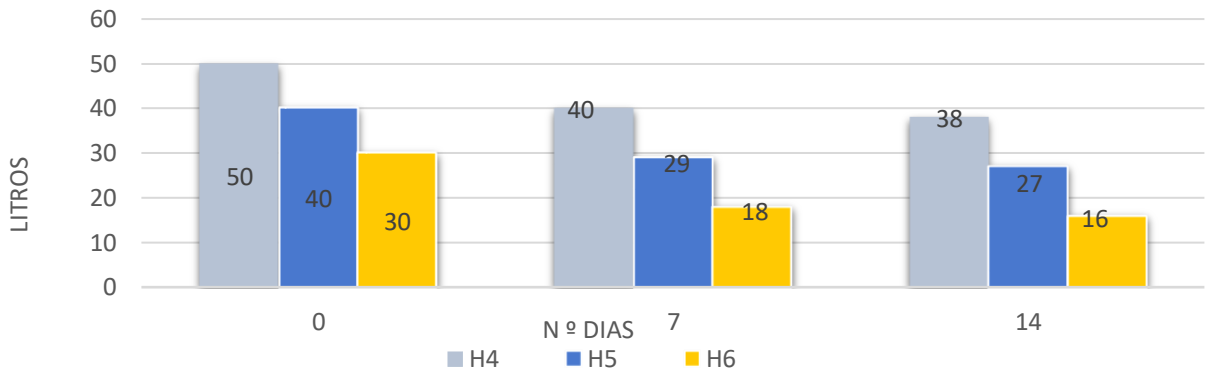
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 7: Uso consuntivo en los estanques con 7 plantas.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 8: Uso consuntivo en los estanques con 14 plantas.



Fuente: Elaboración Propia

**H1-H2-H3**, contienen el volumen de agua que hay en cada estanque al inicio y luego del periodo de estancamiento con 7 plantas en 7 y 14 días, H1 es la muestra del estanque de 50 cm de altura que contiene 50 litros, H2 es la muestra del estanque de 40 cm de altura que contiene 40 litros y H3 es la muestra del estanque de 30 cm de altura que contiene 30 litros.

**H4-H5-H6**, contienen el volumen de agua que hay en cada estanque al inicio y luego del periodo de estancamiento con 14 plantas en 7 y 14 días. H4 es la muestra del estanque de 50 cm de altura que contiene 50 litros, H5 es la muestra del estanque de 40 cm de altura que contiene 40 litros y H6 es la muestra del estanque de 30 cm de altura que contiene 30 litros.

De los resultados obtenidos podemos observar que el uso consuntivo en H1-H2-H3 a los 14 días y para 50 ,40 y 30 litros de agua, obtuvo un porcentaje 20% (10 litros) en H1 , 24% (9.6 litros) en H2 y 32% (9.8 litros) en H3 , obteniendo así 20.2 litros de agua con un pH estable y el fósforo dentro de los límites permisibles .A diferencia de la carga de 14 plantas , en donde en 7 días , absorbieron en H4 12 litros , en H5 11 litros y en H6 12 litros, gracias a esto es que solo a los 7 días, en los estanques H5 Y H6 , ya se pudo obtener un pH estable y fósforo dentro de los límites permisibles , al final de la experimentación de 14 días , el agua absorbida por las plantas fue de 12 litros en H4 , 13 en H5 y 14 litros en H6.

#### **IV. ANALISIS Y DISCUSION:**

##### **– Caracterización del Agua**

Este resultado nos da a entender que el nivel de fósforo supera un 200% lo establecido , El pH no se encuentra entre los límites de la neutralidad y es elevado por la presencia de nutrientes en este , la conductividad esta elevada un 10% , La turbiedad del agua está demasiado elevada por los sólidos y contaminantes dentro del agua, y los sólidos totales supera un 100% , lo permitido por el estándar de calidad ambiental dado por aguas superficiales para producción de agua potable , (Minam,2015). , esto debido a los agentes contaminantes de la población, tanto agrícola como industrial y doméstico , quienes utilizan fertilizantes fosfatados y nitrogenados , el uso de detergentes con alta cantidad de fosforo , por los residuos que vierten del ganado y la basura que tiran a la quebrada, por el lavado de maquinarias de las empresas de pescado entre otros.

##### **– Potencial de Hidrogeno (pH):**

El nivel de pH en todas las muestras tomadas, nos muestran una mayor tendencia a la alcalinidad dado que ésta es determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, así como algunas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos, nitratos y fosfatos (Massol sf.).

Este nivel de pH en nuestros patrones, nos indica que nuestras plantas van a poder estabilizarse y no van a morir, ya que el crecimiento de la eichornia crassipes es favorecido por el agua rica en nutrientes, en especial el nitrógeno, fosforo y potasio (Jaramillo y Flores,2012), los cuales están presentes en el pH del agua superficial.

##### **– Fosforo (P):**

Este resultado nos da a entender que el nivel de fósforo supera un 200% el estándar de calidad ambiental dado por aguas superficiales para producción de agua potable (Minam,2017). Esto se debe a las principales fuentes de contaminación ocurridas principalmente por el uso indiscriminado y masivo de detergentes (polifosfatos) y fertilizantes (fosforo y nitrógeno) a nivel agrícola e industrial (OEFA,2014 citado por Coronel,2015).

– Carga de Plantas y Volumen de Agua:

Debido a la gran cantidad de fosforo presentes en nuestras muestras, se podrá determinar el nivel de remoción de este por parte del jacinto de agua. Este resultado nos da a entender que la carga utilizada es óptima para el área disponible **(Rodriguez,2001)** y para la remoción de fosforo, ya que nos guiamos de los m<sup>2</sup> que tiene cada estanque, de acuerdo a eso pudimos saber la carga necesaria de plantas a utilizar en cada densidad. La cantidad de agua que son 30, 40 y 50 litros, en una altura de 30 40 y 50 cm, esto debido a que vamos a optimizar su densidad, ya que lo recomendable es tener las plantas de jacinto a una altura de 20 cm **(Valderrama,1996)** para las plantas conforme al habilidad de estas, así también nos ayudaba a medir la cantidad de litros que se pierden por el uso consuntivo de la planta.

– Nivel de pH en las Muestras

De los resultados obtenidos se puede observar que el pH del agua pasó de ligeramente alcalino a casi neutro con la densidad de 5kg/m<sup>2</sup> y esto se debe a la presencia del Jacinto de agua ya que en el proceso de remoción remueve elementos que son causantes de la alcalinidad como nitrógeno, fosforo y azufre y la remoción de estos parámetros químicos demuestran que Eichhornia crassipes logra que el pH del agua residual se acerque a la neutralidad como demostró Valderrama (1996) quien tuvo un pH inicial de 9.92 y después del tratamiento un pH de 6,95 para una carga con densidad de 9 kg/m<sup>2</sup> en 8 días, Coronel (2016) quien tuvo un pH inicial del 8,73 y después del tratamiento con las plantas un pH del 6,24 en 10 días. Con la densidad de 10 kg/m<sup>2</sup> , pudimos observar que a comparación con la densidad de 5kg/m<sup>2</sup> , el pH del agua se redujo a mayor cantidad, esto debido a que la densidad se duplicó , abarcó mucha más área lo cual produjo que las raíces de las plantas crecieran mas y pudieron adsorber los nutrientes del agua, quienes son los que generan la alcalinidad del agua, con lo cual a los 7 días , el pH ya estaba dentro de los limites permitidos para uso poblacional y donde se ve mejor reflejado en el estanque de 30 cm.

– Nivel de remoción de fosforo (P) en las muestras:

De los resultados obtenidos se pudo observar que con 7 plantas en el periodo de estancamiento de 14 días , la mayor remoción fue del 78.52 % en el estanque de 30 cm. , esto se debe al mayor tiempo de contacto que hay entre las plantas y el agua por lo cual se observó la mayor cantidad de remoción , ya que se asemeja más a la altura promedio donde se encuentran estas plantas que es 20 cm sobre el agua **(Valderrama,1996)** , a su vez podemos decir que el Jacinto de agua alcanza remociones superiores a 70% conforme con Muñoz (2016) quien removió en un 71% para una densidad de carga de 5k/m<sup>2</sup> en 6 m<sup>2</sup> en 15 días, Miguez et al. (2014) quien removió un 90% en 20 días de exposición, Sooknah y Wilkie (2004) quien removió un 98,5% en 31 días y Coronel (2016) quien removió un 88,24% en 10 días, lo cual puede deberse al consumo gran consumo de agua por parte de la Eichhornia crassipes y su capacidad de absorber los nutrientes presentes en el agua.

A comparación con la carga de 14 plantas , y a 7 días de las muestras de experimentación , se puso observar que la remoción en los estanques de 40 y 30 cm , llegaron a los limites permisibles para uso poblacional , removiendo en 73 y 83 % respectivamente , los niveles de fosforo dentro del agua , y esto debido a que las plantas a mayor carga , sus raíces pudieron adsorber el fosforo presente, ya que esto contribuye al crecimiento de estas , a comparación del estanque de 50 cm de altura, este no pudo llegar dentro de los limites debido a gran volumen de agua presente, pero sí pudo remover un 59% el fosforo presente en el agua, estos resultados duplicaron casi su remoción a comparación de la carga de 14 plantas . Al final de los 14 días de experimentación, la remoción de 50 cm fue de un 79%, de 40 cm de un 96% y de 30 cm de un 97% , lo cual el fosforo presente en el agua llegó a sus niveles más bajos ,de esto pudimos observar que el parámetro de 40 cm de acuerdo a la densidad de 10 kg/m<sup>2</sup> , pudo remover mucho mas que la otra densidad y a diferentes altura, dando así que la de 40 cm fue optima , para remover y abarcar mayor cantidad de agua y remoción de fosforo en solo 7 días.

– Aumento de Masa de las Cargas de Jacinto de Agua:

De los resultados obtenidos podemos observar que a los 14 días del tratamiento del agua con el jacinto de agua, la masa de 7 plantas aumento su masa más del 60 % respectivamente, a comparación de su masa inicial, esto debido a la poca carga de plantas y a la técnica de fitorremediación del jacinto del agua mediante la absorción , ya que favorece el crecimiento de estas plantas debido a que se alimentan de los nutrientes como el fosforo presentes en el agua tal como afirma **Velásquez, J. (1994)** , se observó una clara diferencia de aumento en el estanque de menor altura (H3) ya que es lo más cercano a la altura (20 cm) donde habitualmente se desarrolla mejor la planta Con la carga de 14 plantas, se pudo ver que a los 14 días se produjo un aumento del 78% 85% y 98% , en los estanques de 50 , 40 y 30 cm de altura, esto debido a la capacidad de absorción que tuvieron las plantas, y a la cantidad de agua presente en los estanques, al haber mayor cantidad de agua y mayor carga de plantas, estas pudieron desarrollarse y adaptarse más rápido , ya que tuvieron una mayor cantidad de nutrientes presentes en el agua con los cuales las raíces pudieron obtener mediante la absorción generando así el aumento de la masa, ya que estas plantas tienen la característica especial de que pueden duplicar su masa si es que el agua es alcalina.

– Uso Consuntivo del Jacinto de Agua:

De los resultados obtenidos podemos observar que el uso consuntivo en H1-H2-H3 a los 14 días obtuvo un porcentaje 20% (10 litros) en H1 , 24% (9.6 litros) en H2 y 32% (9.8 litros) en H3, esto debido a la cubierta de jacinto de agua provoca 3 a 4 veces las tasas de evapotranspiración normales, lo que contribuye a la pérdida de agua y a una aun mayor disminución en el calado del cuerpo de agua como nos indica **Soto (2007)**. A diferencia de la carga de 14 plantas ,que en 14 días , el agua absorbida por las plantas fue de 12 litros en H4 13 en H5 y 14 litros en H6 , esto debido a la mayor carga de plantas , ya que sus raíces pudieron expandirse mucho mas y abarcar mucho mas espacio , a su vez poder absorber mas el agua , los cuales pudieron remover el fosforo presente en el agua , llegando dentro de los límites permisibles obteniendo 29 litros de agua y 18 litros de agua apta para uso poblacional al final de la investigación.



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Se pudo optimizar la *Eichhornia crassipes* “Jacinto de Agua” para remoción de fosforo en la quebrada Cascajal, en una densidad optima de 10 kg/m<sup>2</sup>, donde obtuvimos remociones, de acuerdo a los límites permisibles para agua de uso poblacional, de (0.0974 mg/l – 0.0601 mg/l) removiendo en 73 y 83 % respectivamente a menor tiempo de estancamiento en 7 días, en los estanques de 30 y 40 cm de altura.
- El agua de la quebrada Cascajal, de acuerdo al ensayo de caracterización nos dio niveles altos de pH 8.89 UNT y Fosforo Total 0.3542 mg/l, de los cuales pudimos reducirlos y estar dentro de los límites permisibles el pH y Fosforo total, neutralizando el pH en 6.94 UNT y reduciendo el fosforo a 0.0095 mg/l en un periodo de estancamiento de 14 días para una densidad de 10 kg/m<sup>2</sup> , para que el agua pueda ser utilizada para uso poblacional, debido al proceso de rizo filtración de la planta de jacinto.
- La *Eicchornia crassipes* genero la neutralidad del pH en los estanques de 30 40 y 50 cm, posiblemente por el proceso de fitorremediación, donde se obtuvo la mayor neutralización en 14 días de 7.89 UNT con la densidad de 5 kg/m<sup>2</sup> y de 6.94 UNT con la densidad de 10 kg/m<sup>2</sup> en los estanques de 30 cm , ya que el jacinto de agua no solo se encarga de remover fosforo sino también otros elementos inorgánicos como azufre y nitrógeno que son los que generan alcalinidad.
- Si ha sido posible adsorber fosforo en la quebrada cascajal a 400 metros antes de la desembocadura al mar, dado que todos los valores indican altos índices de remoción que superan el 70 % y 90%, en las cuales la mayor remoción se obtuvo en el estanque de 30 cm con 7 plantas quien obtuvo una remoción del

78% (0.0764 mg/l) en 14 días , y en un 97% (0.0095 mg/l) con 14 plantas, el cual llego a los niveles adecuados de fosforo para poder ser utilizada para uso poblacional.

- La masa de la *Eichhornia crassipes* aumento en más del 91% con una densidad de 5 kg/m<sup>2</sup> en 455 gr. y del 98% con una densidad de 10kg/m<sup>2</sup> en 9.85 gr. al final de la investigación, esto debido a la cantidad de nutrientes absorbidos del agua.
- El uso consuntivo de las plantas , empezó con 50 , 40 y 30 litros de agua con altas concentraciones de fosforo y con la densidad de 5kg/m<sup>2</sup> , se redujo al final a 40 , 30 y 20 litros de agua , del cual en el estanque de 30 cm, se pudo obtener 20 litros de agua aceptable dentro del límite para uso poblacional , esto debido a la evapotranspiración de la planta que redujo considerablemente el nivel del agua , con la carga de 14 plantas, en 7 días la absorción en H4 y H5 fue de 11 y 12 litros, donde se pudo obtener 29 y 18 litros de agua con pH estabilizado y cantidad de fosforo dentro de los límites permitidos.
- Si se requiere obtener una mayor cantidad de volumen para tratar el agua, y a su vez obtener una mayor remoción de fosforo y estabilización de pH en menor tiempo posible, se utilizaría la densidad de 10kg/m<sup>2</sup> , en una altura de 40 cm para un periodo de estancamiento de 7 días ya que el porcentaje de remoción con estos parámetros fue del 73% llegando a los límites permitidos para el uso poblacional.

- Si se requiere usar la menor carga posible y mayor altura adecuada para remover el fosforo con el jacinto de agua y a menos carga, seria con una altura de 30 cm con 5kg/m<sup>2</sup> , ya que es donde la planta se pudo adaptar y desarrollar mejor para obtener mejores resultados mediante su sistema de fitorremediación.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda investigar más sobre las capacidades que tienen esta planta, en lo que se refiere a la remoción de otros metales y no metales.
- Tomar en cuenta la temperatura del agua en el momento de realizar el ensayo, ya que el pH varía con la temperatura del agua.
- Probar en aumentar la carga de plantas , para ver si a mayor altura a 30 cm y con mayor cantidad de plantas, la remoción es mucho mejor y puede llegar a los límites permitidos para uso poblacional en una periodo de 14 días
- Probar en aumentar el periodo de días de estancamiento para ver si la remoción de fosforo aumenta en las alturas dadas y con la carga de 5kg/m<sup>2</sup>.
- Probar la *Eichhornia crassipes* a escalas mayores (generar humedales artificiales),y elaborar un sistema conjunto a otras plantas de esta misma especie , a partir de la altura obtenida en esta investigación.
- Se recomienda contar con un filtro de grava para la retención de solidos al momento de implementar estos sistemas.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afanador, G. (2007). *Determinación de pH en agua por electrometría*. Recuperado: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/pH+en+agua+por+Electrometr%C3%ADa.pdf/ec53b64e-91eb-44c1-befe-41fcfccdff1>.
- Arse, M. (2005). *Química del agua*. Mexico D.F.
- Bitton, G. (2005). *Wastewater microbiology*. 3rd edition. Wiley Series in Ecological and Applied Microbiology. Wiley and Sons Publication
- Blackburn, S. (2004). *Water pollution and bioremediation by microalgae: eutrophication and water poisoning*. En: Richmond, A. *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*.
- Burton, J. (2005). *Water hyacinth Eichhornia crassipes*. Agfact, Nueva Gales del Sur, Australia. p.6. Recuperado de: [http://www.dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf\\_file/0019/141922/waterhyacinth.pdf](http://www.dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf_file/0019/141922/waterhyacinth.pdf)
- Carpenter (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applicationn*.
- Coronel. (2016). *Eficiencia del jacinto de agua (eichhornia crassipes) y lenteja de agua (lemna minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas* Recuperado de :<http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/657/EFICIENCIA%20DEL%20JACINTO%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Delgadillo, A. (2012). *Determinación de parámetros fisicoquímicos, estado eutrófico y metales pesados de la laguna de Tecocomulco, Hidalgo; identificación de compuestos quelantes de Hydrocotyle ranunculoides L.f.* (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, I., y Acevedo, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 597- 612. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000200002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002).

- EPA. (2017). *Contaminación por nutrientes*. Recuperado de: <https://espanol.epa.gov/espanol/contaminacion-por-nutrientes>
- Frers, C. (2008). El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. *Observatorio Medioambiental*, 11, 301-305.
- Fundación Humedales y Netherlands Antilles Healthy Islands Foundation. (2004). *PUJA: programa de utilización del jacinto (buchón) de agua en la laguna de Fúquene*. Presentado a: Concurso Ventures 2004. Categoría Servicios Públicos. p. 32.
- Gallegos, I. (2009). *La fertilización en los valles y la eutrofización de los cuerpos de agua adyacentes*. Tesis Profesional, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Ancash, Huaraz.
- García, J., Morató, J. y Bayona, J. (2005). *Depuración con sistemas naturales: Humedales construidos*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Goldberg, E. D. (1995). Emerging Problems in the Coastal Zone for the Twenty-First Century. *Marine Pollution Bulletin*.
- Guevara, A., De La Torre, E., Villegas, A. y Criollo, E. (2009). *Uso de la rizofiltración para el tratamiento de efluentes líquidos de cianuración que contienen cromo, cobre y cadmio*.
- Gunnarsson, C. y Petersen, C. (2007). Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: A literature review. *Waste Management*, (27), 117–129.
- Greenfact . Agua Dulce <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/agua-dulce.htm>
- Hutchinson, G. E. (1973). *Eutrophication*. *American Scientist*. (61), 269-279
- Jaramillo y Flores. (2012). *Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna Minor y Eichornia Crassipes en aguas residuales producto de la actividad minera*.
- Jaramillo, M. D. y Flores, E. D. (2012). *Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor (Lenteja de agua) y Eichornia crassipes*

(*Jacinto de agua*) en aguas residuales producto de la actividad minera. (Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental) Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

- Jiménez C. Padilla (2009). Remoción de contaminantes inorgánicos de aguas residuales industriales con *Eichhornia Crassipes*.
- Keskinan, O., Goksu, M. Z. L., Basibuyuk, M. & Forster, C. F. (2004). Heavy metal adsorption properties of a submerged aquatic plant (*Ceratophyllum demersum*). *Bioresour. Technol.* (92), 197–200.
- Luna, V., y Castañeda, S. (2014). Sistema de humedales artificiales para el control de la eutrofización del lago del Bosque de San Juan de Aragón. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 17(1), 32-55. Recuperado de <http://revistas.unam.mx/index.php/tip/article/view/49787/44774>.
- Lynne S. (2017). *Exceso de fósforo en el cuerpo*. Recuperado de: [https://muyfitness.com/exceso-fosforo-cuerpo-info\\_14685](https://muyfitness.com/exceso-fosforo-cuerpo-info_14685)
- Madiagn, M. T., Martinko, J. M., Parcker, J. (2004). *Brock, Biología de los organismos*. (10ma Edición). Pearsons Education. Madrid p.137.
- Malik, A. (2007). Environmental challenge vis a vis opportunity: The case of water hyacinth. *Environment International*, (33), 122–138.
- Marrero, J., Amores, I., y Coto, O. (2012). Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. *Revista ICIDCA*, 46(3), 52-61. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223124988007.pdf>
- Martelo, J., y Lara, B. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221-243. Recuperado de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/viewFile/946/850>
- Massol, A. *Manual de Alcalinidad*. Recuperado de: <https://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alcalinidad.pdf>
- Meganck, M. (1988). Enhanced biological phosphorus removal from wastewater. *In : Biotreatment Systems*, Vol. (3).

- MINAM. (2015). *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.*
- Míguez, Diana , Martínez-Bengochea, Anabel , Carrara, María Victoria , Bombi, Katherine , Ferreira, Natalia , Cartmell, Elise . Evaluación de la remoción de nutrientes y compuestos organoclorados y sus rutas de bioacumulación con la planta flotante *Eichhornia crassipes* expuesta a efluentes de pulpa de celulosa
- Moreno, D., Quintero, J., & López, A. (9 de Noviembre de 2010). *Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia.* Recuperado de <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n78ne/eutrofia2.pdf>
- Muñoz, M. C. (2007). *Remoción de metales pesados en aguas residuales utilizando una macrófita acuática (*eleocharis acicularis*) muerta.* Universidad Autónoma de Querétaro.
- NAS (National Academy of Sciences). (1969). *EUTROPHICATION: Causes, Consequences, Correctives.* Washington, D.C. 661 pp.
- Nuñez, et. al. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Revista de Biotecnología y Biología Molecular.* México. Edición Julio – Septiembre.
- Nuñez del carpío ,D. (2015) Contaminación del agua por metales pesados en el Distrito Mariscal Cáceres – San José en la Provincia de Camaná - Arequipa
- ORSOLINI, et al 2000 “Hidrología: Procesos y Métodos” .
- Paisio, C. E., González, P.S., Talano, M.A., y Agostini, E. (2012). Remediación biológica de Mercurio: Recientes avances. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 3(2), 119-146. Recuperado de <http://www.ambientalex.info/revistas/vol3n23.pdf>
- Reynolds, C. S. (1984). *Ecology of freshwater phytoplankton.* Cambridge University Press Cambridge.
- Rodríguez A. (2001), Acción depuradora de algunas plantas acuáticas sobre las aguas residuales.
- Sanabria, D. (2004). *Fósforo total en agua de digestión acida, método del ácido ascórbico.*
- Salazar, O. (2015). Fosforo <https://www.academia.edu/28016140/Fosforo>

- Schneider, I. A. H. & Rubio, J. (1999). Sorption of heavy metal ions by the nonliving biomass of freshwater macrophytes. *Environ. Sci. Technol.* (33), 2213–2217.
- Soto, S. (2007). *Eichhornia crassipes*. Ficha de INVASIBER. Recuperado de: [http://invasiber.org/fitxa\\_detalls.php?taxonomic=3&id\\_fitxa=107](http://invasiber.org/fitxa_detalls.php?taxonomic=3&id_fitxa=107)
- Sooknah, R. y Wilkie, A. (2004). Potencial de tres macrófitas *Eichhornia crassipes*, *hydrocotyle umbrela* y *pistia stratiotes* para mejorar la calidad de agua de aguas residuales estiércol lácteo enjuagado anaeróticamente digerido diluido y no diluido
- Tormo Molina, R. «La Botánica». *Lecciones Hipertextuales de Botánica*. España: Universidad de Extremadura. Consultado el 10 de julio de 2009.
- US-EPA. (1997). *Protecting Coastal Waters from Nonpoint Source Pollution*. In: U.S. Environmental Protection Agency. Washington D.C. USA. 841-F-96-004E.
- Ueki K. & Oki Y. ( 1979 ) Producción de semillas y germinación de *Eichhornia crassipes* en Japón . Actas de la Séptima Conferencia de la Sociedad Asiática de Weed Science del Pacífico Asiático, 257 - 260 .
- Valderrama, L. (1996). *Uso de dos especies de macrófitas acuáticas, Limnobium laevigatum y Eichhornia crassipes para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales*.
- Valderrama, L.T. (1996). Uso de dos especies macrófitas acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales. *Universitas Scientiarum*, 3 (1-2), 83 – 97.
- Valera, M. (2001). *Tasas de descomposición de las macrófitas Schoenoplectus californicus, Egeria densa y Eichhornia crassipes en la laguna de Fúquene*. Tesis para optar el título ecóloga. Pontificia Universidad Javeriana. Director Schimdt-Mumm, U. 40 p.
- Velásquez, J. (1994). *Plantas acuáticas vasculares*. Venezuela, Caracas: Colección Estudios, (1ª ed.), (pp.23, 765,767,844).



- Wang, T. C., Weissman, J. C., Ramesh, G., Varadarajan, R., Benemann, J. R. (1996). Parameters for removal of toxic heavy metals by water milfoil (*Myriophyllum spicatum*). *Environ. Contam. Toxicol.* 779–786.
- Wetzel, R. (1981). *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona, España.
- *Water technology*, N.F. Gray, Elsevier, 2005
- Yagi, S., and D. Kunii. (1955). *Studies on combustion of carbon particles in flames and fluidized beds. symp. combust.* (5), 231–244.

#### ENSAYO DE CARACTERIZACION DEL AGUA

**INFORME DE ENSAYO**  
**IE01118057**

**Identificación del Cliente**

Cliente:	RICHAR GARCIA HERVIAS	Dirección:	Av. 9 de Octubre Mz. R It 5 - Santa Chimbote
Ensayo solicitado por:	RICHAR GARCIA HERVIAS	email:	<a href="mailto:richarale1394@gmail.com">richarale1394@gmail.com</a>
Teléfonos:	-	Fax:	-

**Identificación de la Muestra**

Dirección del Punto de muestreo o procedencia:	SANTA/SANTA/ANCASH		
Tipo de muestra:	SIMPLE	Condiciones de almacenamiento y transporte de la muestra:	
Tipo de toma de muestra:	MANUAL	LA MUESTRA PARA FOSFORO TOTAL DEBE PRESERVARSE CON H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> A PH<2 Y REFRIGERARSE A UNA T°≤ 6°C	
Responsable del muestreo:	RICHAR GARCIA HERVIAS (CLIENTE)		

**Identificación de la Muestra por el Laboratorio**

Recepción de la muestra:	26 DE NOVIEMBRE 2018	Inicio de Análisis:	26	NOVIEMBRE	2018
Responsable de la recepción:	YESENIA CASTELLANOS GARCIA	Fin de Análisis:	11	DICIEMBRE	2018
Número de Orden de Trabajo:	OT01018053	Emisión del Informe:	11	DICIEMBRE	2018
Tipo de ensayo realizado:	FISICOQUIMICOS	Condición ambiental del ensayo:	Temp.	24.8	<input checked="" type="checkbox"/> °C
			Hume.rel,	49	%
Descripción del estado de la muestra a la recepción en LCC:					
LA MUESTRA LLEGÒ EN UN FRASCO DE VIDRIO DE 600 mL					

**Objeto de petición de los ensayos**

Tipo de Ensayo	Norma de Referencia
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+B, 23rd Ed. 2017 pH Value. Electrometic Method
FOSFORO TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B(Item 5) y E, 23rd Ed. 2017 Phosphorus. Sample Preparation (Persulfato Digestion Method).Ascorbic Acid Method
CONDUCTIVIDAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017 Conductivity Laboratory Method
TURBIEDAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017 Turbidity Laboratory Method
SOLIDOS TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23rd Ed. 2017 Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C



**ENSAYO DE CARACTERIZACION DEL AGUA**



**INFORME DE ENSAYO**  
**IE01118057**

RESULTADOS ANALÍTICOS			
ENSAYOS FISIOQUÍMICOS:			
Código Cliente		M-1	
Código Laboratorio		01018.53.001	
Tipo de Matriz		Agua Superficial	
Descripción		Quebrada Cascajal 400 mts antes de la desembocadura	
Fecha de Muestreo		26/11/2018	
Hora de Muestreo		07:00	
Temperatura de muestro (°C)	Ambiental	-	
	Agua	-	
Ensayo de Laboratorio	Unidad	LDM	Resultados
pH	Unidad de pH	-	8.89
FÓSFORO TOTAL	mg P/L	0.06	0.3540
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	1	1658
TURBIEDAD	NTU	0.01	230
SÓLIDOS TOTALES	Mg/L	2.5	557

**LDM: Límite de Detección del Método**

**OBSERVACIONES**

\*El resultado indicado en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo por el LCC- SEDALIB S.A., no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

\*La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del LCC - SEDALIB S.A., su autenticidad será válida sólo si tiene firme y sello original.

\*Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas, cualquier reclamo u objeción, que deseará efectuar el solicitante respecto al documento, se deberá ejercer en un plazo máximo de 30 días posterior a la emisión del informe.

\*La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.

\*El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.

\*Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.

\*Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en el LCC - SEDALIB S.A., durante el tiempo indicado de preservación del parámetro a analizar, hasta un periodo máximo de 30 días posterior a la emisión del informe de ensayo, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseará efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.

  
**Director del LCC SEDALIB S.A.**  
 Armando Araujo Jimenez  
 DIRECTOR DEL LABORATORIO  
 LCC SEDALIB S.A.

**ENSAYO PATRON DENSIDAD 5KG/M2**

**INFORME DE ENSAYO**  
**IE01218073**

Identificación del Cliente			
Cliente:	RICHAR GARCIA HERVIAS	Dirección:	Av. 9 de Octubre Mz. R It 5 - Santa Chimbote
Ensayo solicitado por:	RICHAR GARCIA HERVIAS	email:	<a href="mailto:richarale1394@gmail.com">richarale1394@gmail.com</a>
Teléfonos:	-	Fax:	-

Identificación de la Muestra	
Dirección del Punto de muestreo o procedencia:	SANTA/SANTA/ANCASH
Tipo de muestra:	SIMPLE
Tipo de toma de muestra:	MANUAL
Responsable del muestreo:	RICHAR GARCIA HERVIAS (CLIENTE)
<b>Condiciones de almacenamiento y transporte de la muestra:</b> LA MUESTRA PARA FOSFORO TOTAL DEBE PRESERVARSE CON H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> A PH<2 Y REFRIGERARSE A UNA T° ≤ 6°C	

Identificación de la Muestra por el Laboratorio					
Recepción de la muestra:	10 DE DICIEMBRE 2018	Inicio de Análisis:	10	DICIEMBRE	2018
Responsable de la recepción:	YESENIA CASTELLANOS GARCIA	Fin de Análisis:	24	DICIEMBRE	2018
Número de Orden de Trabajo:	OT01118070	Emisión del Informe:	24	DICIEMBRE	2018
Tipo de ensayo realizado:	FISICOQUIMICOS	Condición ambiental del ensayo:	Temp.	24.8	°C
			Hume.rel,	50	%
<b>Descripción del estado de la muestra a la recepción en LCC:</b> LA MUESTRA LLEGÒ EN UN FRASCO DE VIDRIO DE 600 mL					

Objeto de petición de los ensayos	
Tipo de Ensayo	Norma de Referencia
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+B, 23rd Ed. 2017 pH Value. Electrometic Method
FOSFORO TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B(Item 5) y E, 23rd Ed. 2017 Phosphorus. Sample Preparation (Persulfato Digestion Method).Ascorbic Acid Method



**ENSAYO PATRON DENSIDAD 5KG/M2**



**INFORME DE ENSAYO**  
**IE01218073**

RESULTADOS ANALÍTICOS					
ENSAYOS FISIQUÍMICOS:					
<b>Código Cliente</b>	M1		M2		M3
<b>Código Laboratorio</b>	01118070.001		01118070.002		01118070.003
<b>Tipo de Matriz</b>	Agua Superficial		Agua Superficial		Agua Superficial
<b>Descripción</b>	Quebrada Cascajal a 400 m antes de la desembocadura al mar.		Quebrada Cascajal a 400 m antes de la desembocadura al mar.		Quebrada Cascajal a 400 m antes de la desembocadura al mar.
<b>Fecha de Muestreo</b>	10/12/2018		10/12/2018		10/12/2018
<b>Hora de Muestreo</b>	7:00		7:00		7:00
<b>Temperatura de muestro (°C)</b>	<b>Ambiental</b>		-		-
	<b>Agua</b>		-		-
<b>Ensayo de Laboratorio</b>	<b>Unidad</b>	<b>LDM</b>	<b>Resultados</b>		
<b>pH</b>	<b>Unidad pH</b>	0.01	8.67	8.96	9.01
<b>FOSFORO TOTAL</b>	<b>mg P/L</b>	0.02	0.3466	0.3571	0.3638

LDM: Límite de Detección del Método

**OBSERVACIONES**

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



Armando Araujo Jimenez  
 DIRECTOR DEL LABORATORIO  
 LCC SEDALIB S.A.

Director del LCC- SEDALIB S.A.

Av. Federico Villarreal Nº 1300 - Urb. Semi Rustica El Bosque – Trujillo

Telf.: 044-482351 - 044-482335 / Ext. 317

aaaraju@sedalib.com.pe - ycastellanos@sedalib.com.pe

Página: 2 de 2

**ENSAYO 7 DIAS DENSIDAD 5KG/M2**

**INFORME DE ENSAYO**  
**IE01218080**

**Identificación del Cliente**

<b>Cliente:</b>	RICHAR GARCIA HERVIAS	<b>Dirección:</b>	Av. 9 de Octubre Mz. R It 5 - Santa Chimbote
<b>Ensayo solicitado por:</b>	RICHAR GARCIA HERVIAS	<b>email:</b>	richarale1394@gmail.com
<b>Teléfonos:</b>	-	<b>Fax:</b>	-

**Identificación de la Muestra**

<b>Dirección del Punto de muestreo o procedencia:</b>	SANTA/SANTA/ANCASH		
<b>Tipo de muestra:</b>	SIMPLE	<b>Condiciones de almacenamiento y transporte de la muestra:</b>	
<b>Tipo de toma de muestra:</b>	MANUAL	LA MUESTRA PARA FOSFORO TOTAL DEBE PRESERVARSE CON H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> A PH<2 Y REFRIGERARSE A UNA T°≤ 6°C	
<b>Responsable del muestreo:</b>	RICHAR GARCIA HERVIAS (CLIENTE)		

**Identificación de la Muestra por el Laboratorio**

<b>Recepción de la muestra:</b>	17 DE DICIEMBRE 2018	<b>Inicio de Análisis:</b>	18	DICIEMBRE	2018
<b>Responsable de la recepción:</b>	YESENIA CASTELLANOS GARCIA	<b>Fin de Análisis:</b>	02	ENERO	2019
<b>Número de Orden de Trabajo:</b>	OT01118080	<b>Emisión del Informe:</b>	02	ENERO	2019
<b>Tipo de ensayo realizado:</b>	FISICOQUIMICOS	<b>Condición ambiental del ensayo:</b>	Temp.	24.8	☑C
			Hume.rel,	49	%

**Descripción del estado de la muestra a la recepción en LCC:**

LA MUESTRA LLEGÒ EN UN FRASCO DE VIDRIO DE 600 mL

**Objeto de petición de los ensayos**

Tipo de Ensayo	Norma de Referencia
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+B, 23rd Ed. 2017 pH Value. Electrometic Method
FOSFORO TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B(Item 5) y E, 23rd Ed. 2017 Phosphorus. Sample Preparation (Persulfato Digestion Method).Ascorbic Acid Method




**ENSAYO 7 DIAS DENSIDAD 5KG/M2**

**INFORME DE ENSAYO**  
**IE01218080**

RESULTADOS ANALÍTICOS					
ENSAYOS FISIOQUÍMICOS:					
Código Cliente	M1		M2		M3
Código Laboratorio	01118080.001		01118080.002		01118080.003
Tipo de Matriz	Agua de Proceso		Agua de Proceso		Agua de Proceso
Descripción	Quebrada Cascajal a 400 m antes de la desembocadura al mar.		Quebrada Cascajal a 400 m antes de la desembocadura al mar.		Quebrada Cascajal a 400 m antes de la desembocadura al mar.
Fecha de Muestreo	17/12/2018		17/12/2018		17/12/2018
Hora de Muestreo	7:00		7:00		7:00
Temperatura de muestro (°C)	Ambiental		-		-
	Agua		-		-
Ensayo de Laboratorio	Unidad	LDM	Resultados		
pH	Unidad pH	0.01	8.34	8.24	8.10
FOSFORO TOTAL	mg P/L	0.02	0.2671	0.2295	0.1403

LDM: Límite de Detección del Método

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

  
 Armando Arayo Jimenez  
 DIRECTOR DEL LABORATORIO  
 Director del LCC SEDALIB S.A.

**ENSAYO 14 DIAS DENSIDAD 5KG/M2**

**INFORME DE ENSAYO**  
**IE00119058**

**Identificación del Cliente**

<b>Cliente:</b>	RICHAR GARCIA HERVIAS	<b>Dirección:</b>	Av. 9 de Octubre Mz. R It 5 - Santa Chimbote
<b>Ensayo solicitado por:</b>	RICHAR GARCIA HERVIAS	<b>email:</b>	<a href="mailto:richarale1394@gmail.com">richarale1394@gmail.com</a>
<b>Teléfonos:</b>	-	<b>Fax:</b>	-

**Identificación de la Muestra**

<b>Dirección del Punto de muestreo o procedencia:</b>	SANTA/SANTA/ANCASH		
<b>Tipo de muestra:</b>	SIMPLE	<b>Condiciones de almacenamiento y transporte de la muestra:</b>	
<b>Tipo de toma de muestra:</b>	MANUAL	LA MUESTRA PARA FOSFORO TOTAL DEBE PRESERVARSE CON H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> A PH<2 Y REFRIGERARSE A UNA T°≤ 6°C	
<b>Responsable del muestreo:</b>	RICHAR GARCIA HERVIAS (CLIENTE)		

**Identificación de la Muestra por el Laboratorio**

<b>Recepción de la muestra:</b>	24 DE DICIEMBRE 2018	<b>Inicio de Análisis:</b>	24	DICIEMBRE	2018
<b>Responsable de la recepción:</b>	YESENIA CASTELLANOS GARCIA	<b>Fin de Análisis:</b>	11	ENERO	2019
<b>Número de Orden de Trabajo:</b>	OT01219010	<b>Emisión del Informe:</b>	11	ENERO	2019
<b>Tipo de ensayo realizado:</b>	FISICOQUIMICOS	<b>Condición ambiental del ensayo:</b>	Temp.	24.8	°C
			Hume.rel,	49	%

**Descripción del estado de la muestra a la recepción en LCC:**

LA MUESTRA LLEGÒ EN UN FRASCO DE VIDRIO DE 600 mL

**Objeto de petición de los ensayos**

<b>Tipo de Ensayo</b>	<b>Norma de Referencia</b>
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+B, 23rd Ed. 2017 pH Value. Electrometic Method
FOSFORO TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B(Item 5) y E, 23rd Ed. 2017 Phosphorus. Sample Preparation (Persulfato Digestion Method).Ascorbic Acid Method



**ENSAYO 14 DIAS DENSIDAD 5KG/M2**




**INFORME DE ENSAYO**  
**IE00119058**

RESULTADOS ANALÍTICOS					
ENSAYOS FISIOQUÍMICOS:					
Código Cliente		M1	M2	M3	
Código Laboratorio		01219010.001	01219010.002	01219010.003	
Tipo de Matriz		Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	
Descripción		Quebrada Cascajal a 400 m antes de la desembocadura al mar.	Quebrada Cascajal a 400 m antes de la desembocadura al mar.	Quebrada Cascajal a 400 m antes de la desembocadura al mar.	
Fecha de Muestreo		24/12/2018	24/12/2018	24/12/2018	
Hora de Muestreo		7:00	7:00	7:00	
Temperatura de muestro (°C)	Ambiental	-	-	-	
	Agua	-	-	-	
Ensayo de Laboratorio	Unidad	LDM	Resultados		
pH	Unidad pH	0.01	8.12	8.00	7.89
FOSFORO TOTAL	mg P/L	0.02	0.2041	0.1244	0.0764

LDM: Límite de Detección del Método

**OBSERVACIONES**

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

  
 Director del LCC- SEDALIB S.A.  
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 LCC SEDALIB S.A.

