

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DEPURACIÓN DE LA
Eichhornia Crassipes EN AGUAS RESIDUALES DEL CASERÍO
SAN MIGUEL-ZONA DE ÑOMA-DISTRITO DE SANTO
DOMINGO-PROVINCIA MORROPÓN EN EL PERIODO 2017-2018
- PIURA”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
KARLA ELIZABETH VEGA HIDALGO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

**ASESOR METODOLÓGICO
MAG. KATHIA KATHERINE TEODOR BENITES**

**PIURA – PERÚ
2019**

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DEPURACIÓN DE LA
Eichhornia Crassipes EN AGUAS RESIDUALES DEL CASERÍO
SAN MIGUEL-ZONA DE ÑOMA-DISTRITO DE SANTO
DOMINGO-PROVINCIA MORROPÓN EN EL PERIODO 2017-2018
- PIURA”**

BACHILLER

KARLA ELIZABETH VEGA HIDALGO

ASESOR

MAG. KATHIA KATHERINE TEODOR BENITES

2019

PÁGINA DE FIRMAS

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DEPURACIÓN DE LA
Eichhornia Crassipes EN AGUAS RESIDUALES DEL CASERÍO
SAN MIGUEL-ZONA DE ÑOMA-DISTRITO DE SANTO
DOMINGO-PROVINCIA MORROPÓN EN EL PERIODO 2017-2018
- PIURA”

APROBADO EN CONTENIDO Y ESTILO

MAG. LUIS ÁNGEL VIGNOLO FARFAN
PRESIDENTE

MAG. JORGE LUIS FLORES LÓPEZ
MIEMBRO/SECRETARIO

DR. ARMANDO EMILIO REYES PEÑA
MIEMBRO

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a Dios por haberme permitido cumplir una de mis metas, a mis padres, por todo el esfuerzo realizado para darme esta carrera universitaria, a mi novio que en todo momento me brindó su apoyo incondicional y a mis hermanos por su apoyo moral.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme dado salud y haberme acompañado en esta carrera, enseñándome siempre que debo conducirme por el camino del bien y lograr mis metas sin lastimar a nadie.

Les doy gracias también a mis padres por su apoyo incondicional y el esfuerzo que hacen por sacar adelante a nuestra familia, en especial a mí, a mis hermanos quienes siempre me brindan su apoyo moral desde donde se encuentren.

Un agradecimiento muy especial a mi novio quien me ha acompañado desde siempre en el transcurso de mi carrera universitaria brindándome sus consejos y enseñanzas.

A los docentes quienes ayudaron a que me formara como profesional, con conocimientos sólidos y concretos, inculcándome siempre el cuidado al medio ambiente y el amor por la naturaleza.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARATULA	
PORTADA	
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	IX
ÍNDICE DE IMÁGENES	X
ÍNDICE DE CUADROS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE FOTOS	XIII
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I	19
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	19
1.1.1. Caracterización del problema	19
1.1.2. Definición del Problema	22
1.2. Formulación del Problema	22
1.2.1. Problema General	22
1.2.2. Problemas Específicos	22
1.3. Objetivos de la Investigación	23
1.3.1. Objetivo General	23
1.3.2. Objetivos Específicos	23
1.4. Justificación de la investigación	24
1.4.1. Justificación Teórica	24
1.4.2. Justificación Metodológica	25
1.4.3. Justificación Práctica	25
1.5. Importancia	25
1.6. Limitaciones	26
CAPÍTULO II	27
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	27
2.1. Marco Referencial	27
2.1.1. Antecedentes de la investigación	27
2.1.2. Referencias históricas	28
2.2. Marco legal	30

2.2.1.	Ley 28611. Ley General del Ambiente	30
2.2.2.	Ley 29338. Ley de Recursos Hídricos	31
2.2.3.	Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.	32
2.2.4.	Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM – LMPs efluentes.	32
2.3.	Marco conceptual	33
2.4.	Marco Teórico	41
2.4.1.	Fitorremediación Acuática	41
CAPÍTULO III	45
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	45
3.1.	Tipo, Nivel	45
3.1.1.	Tipo de la Investigación	45
3.1.2.	Nivel de la Investigación	45
3.2.	Método	46
3.3.	Diseño de la Investigación	46
3.4.	Hipótesis de la Investigación	46
3.4.1.	Hipótesis General	46
3.4.2.	Hipótesis Específicas.....	46
3.5.	Variables	47
3.5.1.	Variable Independiente.....	47
3.5.2.	Variable Dependiente	47
3.6.	Cobertura del Estudio de Investigación.....	47
3.6.1.	Universo	47
3.6.2.	Población.....	47
3.6.3.	Muestra.....	47
3.6.4.	Muestreo.....	47
3.7.	Técnicas, Instrumentos y Fuentes de Recolección de Datos.....	48
3.7.1.	Técnicas de la Investigación.....	48
3.7.2.	Instrumentos de la Investigación	48
3.7.2.1.	Evaluación del Crecimiento y Reproducción de especímenes	48
3.7.3.	Fuentes de Recolección de Datos	54
3.8.	Procesamiento estadístico de la información.....	54
3.8.1.	Estadísticos.	54
3.8.2.	Representación.....	54
3.8.2.1.	Eficiencia de Remoción de cargas contaminantes en el sistema de tratamiento por fitorremediación.....	54

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

SST	Sólidos Suspendidos Totales
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
Ph	Potencial de Hidrogeno
Cm	Centímetro
m	Metros
m ²	Metros Cuadrados
m ³	Metros Cúbicos
L	Litros
°C	Grados Celsius
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
ANA	Autoridad nacional del agua
DIGESA	Dirección regional de salud
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
WT	Water
ECA	Estándar de calidad ambiental
LMP	Límite máximo permisible
MINAM	Ministerio del ambiente
ANA	Autoridad Nacional del Agua
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN N° 1 : <i>EICHHORNIA CRASSIPES</i> (JACINTO DE AGUA).....	36
IMAGEN N° 2: MORFOLOGÍA DE <i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>	36
IMAGEN N° 3 DISEÑO DEL SISTEMA PARA ESTANQUE PARA LA FITORREMEDIACIÓN	60
IMAGEN N° 5: DISEÑO Y DIMENSIONES DEL ESTANQUE.....	60
IMAGEN N° 4: CANTIDAD DE ESPECÍMENES POR M2.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1: POBLACIÓN RURAL POR CENTRO POBLADO RURAL (CENSO 2007)	20
CUADRO N° 2: DS.003-2010-MINAM LMP PARA EFLUENTES DE PTAR	33
CUADRO N° 3: PARÁMETROS DE CRECIMIENTO.....	39
CUADRO N° 4: FUNCIÓN DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO	43
CUADRO N° 5: INSPECCIONES REALIZADAS AL SISTEMA DE FITORREMEDIACIÓN	49
CUADRO N° 6: COORDENADAS UTM	53
CUADRO N° 7: EFICIENCIA EN LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ANTES Y DESPUÉS DE 3 MESES DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN.....	55
CUADRO N° 8: EFICIENCIA EN LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ANTES Y DESPUÉS DE 3 MESES Y UNA SEMANA DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN	55
CUADRO N° 9 CUADRO RESULTADOS DE ANÁLISIS OBTENIDOS ANTES DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN.....	70
CUADRO N° 10 CUADRO RESULTADOS DE ANÁLISIS OBTENIDOS 3 MESES DESPUÉS DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN.....	71
CUADRO N° 11 CUADROS RESULTADOS DEL ANÁLISIS OBTENIDO 3 MESES Y UNA SEMANA DESPUÉS DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN	72
CUADRO N° 12: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE <i>EICHHORNIA CRASSIPES</i> ANTES DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN.....	80
CUADRO N° 13º: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE <i>EICHHORNIA CRASSIPES</i> DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN.....	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO Nº 1 GRÁFICO ACEITES Y GRASAS	74
GRÁFICO Nº 2: POTENCIAL HIDRÓGENO.....	75
GRÁFICO Nº 3: SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN.....	76
GRÁFICO Nº 4: DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	77
GRÁFICO Nº 5: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	78
GRÁFICO Nº 6: COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	79
GRÁFICO Nº 7: ANÁLISIS FISICOQUÍMICO <i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>	81
GRÁFICO Nº 8: ANÁLISIS FISICOQUÍMICO <i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>	83

ÍNDICE DE FOTOS

FOTOGRAFÍA Nº 1: VERTIMIENTO DE AGUAS GRISES A CAMPO ABIERTO	21
FOTOGRAFÍA Nº 2 FOTO 1ERA INSPECCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE.....	49
FOTOGRAFÍA Nº 3: 2DA INSPECCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE	49
FOTOGRAFÍA Nº 4: 3ERA INSPECCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE	50
FOTOGRAFÍA Nº 5: 4TA INSPECCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE	51
FOTOGRAFÍA Nº 6: 5TA INSPECCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE	52
FOTOGRAFÍA Nº 7: 6TA INSPECCIÓN RETIRO DE UNA ESPÉCIMEN DEL ESTANQUE PARA ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO	53
FOTOGRAFÍA Nº 8: RECOJO DE LAS ESPECÍMENES PARA SU TRASLADO DESDE EL RÍO CHIRA HACIA EL CASERÍO SAN MIGUEL DISTRITO DE SANTO DOMINGO	57
FOTOGRAFÍA Nº 9: VERIFICACIÓN Y CONTEO DE LAS ESPECÍMENES A UTILIZAR EN EL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN	57
FOTOGRAFÍA Nº 10: ALREDEDORES DEL RÍO CHIRA DE DONDE SE EXTRAJERON LAS ESPECÍMENES.....	58
FOTOGRAFÍA Nº 11: EXCAVACIÓN EN EL TERRENO PARA LA INSTALACIÓN DEL ESTANQUE.....	59
FOTOGRAFÍA Nº 12: TOMA DE MEDIDAS PARA LA INSTALACIÓN DEL ESTANQUE.....	61
FOTOGRAFÍA Nº 13: COLOCACIÓN DEL PLÁSTICO POLIETILENO	61
FOTOGRAFÍA Nº 14: COLOCACIÓN DE LAS ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE YA CONSTRUIDO.....	64

FOTOGRAFÍA Nº 15: ESPECÍMENES COLOCADAS EN EL ESTANQUE	65
FOTOGRAFÍA Nº 16: COLOCACIÓN DEL AGUA TRAÍDA DEL RIO CHIRA EN EL ESTANQUE	65
FOTOGRAFÍA Nº 177: COLOCACIÓN DE LAS ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE.....	66
FOTOGRAFÍA Nº 18: AGUAS RESIDUALES ANTES DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN	67
FOTOGRAFÍA Nº 19: TOMA DE MUESTRAS EN EL ESTANQUE ANTES DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN.....	67
FOTOGRAFÍA Nº 20: TOMA DE MUESTRAS EN EL ESTANQUE 3 MESES DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN	68
FOTOGRAFÍA Nº 21: TOMA DE MUESTRAS EN EL ESTANQUE 3 Y DOS SEMANAS DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN	68

RESUMEN

El caserío de San Miguel se localiza en el distrito de Santo Domingo, provincia de Morropón – Piura, presenta un grave problema de contaminación por el vertimiento desmedido de las aguas residuales grises, provenientes de las actividades domésticas diarias. En el caserío de San Miguel se cuenta con un sistema de abastecimiento de agua y disposición sanitaria de excretas a través de biodigestores, pero la carencia de este servicio es la falta de tratamiento para las aguas provenientes de la ducha, el lavatorio de manos y el lavatorio de platos. Es ahí cuando surge la idea de implementar un sistema a nivel unifamiliar para el tratamiento de estas aguas residuales grises y así darles un nuevo uso, evitando así la contaminación del recurso hídrico y además preservándolo.

El presente estudio tiene como objetivo principal evaluar la capacidad remediadora de la especie *Eichhornia Crassipes*, extraída del río Chira, para su adaptación y posterior tratamiento de las aguas residuales grises.

Conociendo las propiedades y capacidad de adaptación de la especie *Eichhornia Crassipes*, se conocerá si esta especie es la indicada para efectuar el tratamiento de fitorremediación.

El recojo y transporte de las especímenes se realizará bajo estrictos parámetros, para así lograr su adaptación. Además se dispondrá de un sistema para la disposición de los ejemplares, que será construido en una vivienda de la zona de estudio y se harán diferentes monitoreos a lo largo de la investigación.

ABSTRACT

The hamlet of San Miguel is located in the District of Santo Domingo Province of Morropón Piura and presents a serious problem of contamination by the excessive dumping of the gray waste water, originating from the daily domestic activities. In the hamlet of San Miguel there is a system of water supply and sanitary disposal of excrement through biodigesters, but the lack of this service is the lack of treatment for the water coming from the shower, the hand washing and the lavatory of dishes. That is when the ideas arises of implementing a single family level system for the treatment of this gray wastewater and thus give them a new use, thus avoiding contamination of the water resource and also preserving it.

The present study has as main objective to evaluate the remedial capacity of the species *Eichhornia Crassipes*, extracted from the Chira River, for its adaptation and later treatment of the gray residual waters.

Knowing the properties and adaptive capacity of the species *Eichhornia Crassipes*, we will know if this species is the one indicated to carry out the treatment of phytoremediation.

The collection and transport of the specimens will be carried out under strict parameters, in order to achieve their adaptation. In addition, a system will be available for the disposal of the specimens, which will be built in a dwelling of the study area and different monitoring will be carried out throughout the investigation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diferentes procesos biotecnológicos para limpiar contaminantes que se encuentran presentes en las aguas, de preferencia residuales, uno de ellos es la fitorremediación, que representa una tecnología alternativa, sustentable y de bajo costo para la restauración de ambientes y efluentes contaminados, utilizando plantas que tienen características y poderes depurativos.

El proceso consiste en destruir o alterar los compuestos contaminantes presentes en las aguas residuales con el fin de disminuir su peligrosidad y su toxicidad. Todos los procesos de remediación biológica aprovechan la capacidad degradativa de los microorganismos del suelo y en algunos casos también la capacidad depuradora de las plantas.

La fitorremediación se define como el uso de las plantas para reducir los niveles de concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos, debido a que las plantas realizan procesos bioquímicos asociados a microorganismos que se encuentran en la raíz y que ayudan a degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar metales pesados, compuestos orgánicos, radioactivos y petro derivados, a formas menos tóxicas.

Se sabe que las aguas residuales son generadas por diversos comercios llámese instituciones, casas, locales comerciales e industriales. Las cuales pueden ser tratadas por diferentes métodos, o recogidas y llevadas a una red, posteriormente,

a una planta de tratamiento. Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetos a regulaciones y estándares locales y estatales. A menudo ciertos contaminantes de origen industrial o doméstico presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

La fitorremediación es una técnica efectiva, de bajo costo y presenta un impacto ambiental mínimo o nulo respecto a otros métodos de descontaminación físicos y químicos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

1.1.1. Caracterización del problema

En la actualidad debido al gran consumo de agua usado en limpieza por parte de nuestra sociedad, para satisfacer las necesidades diarias, se generan grandes descargas de aguas residuales con cierto grado de toxicidad; según el uso que se les ha dado. En tal sentido, hay aguas residuales negras y grises. Las aguas negras también son conocidas como aguas servidas o aguas cloacales y están contaminadas en su mayoría por muestras fecales, estas aguas discurren hacia un sistema llamado biodigestor. Las aguas residuales grises son generadas por actividades domésticas, tales como lavar los platos, limpiar el baño y lavar la ropa.

Las aguas grises se diferencian de las aguas negras, ya que estas no contienen materia fecal y su nombre es debido a su condición de estar en el punto medio entre las aguas residuales y el agua potable, además de poseer un aspecto turbio. Cualquier agua que contenga desechos humanos o

animales se le considera agua negra.

En la localidad de San Miguel, ubicado en el distrito de Santo Domingo, provincia de Morropón – Piura; que se caracteriza por poseer bosques templados así como cuerpos de aguas superficiales y subterráneas; se viene apreciando que estos están siendo contaminados con el vertimiento de aguas residuales grises, provenientes de las actividades domésticas diarias. En la zona según el INEI en el censo del 2007 se determinó que había 361 habitantes, los cuales están siendo amenazados por la inminente contaminación, exponiéndose así a contraer graves enfermedades como el dengue, alergias y otros.

**CUADRO Nº 1: POBLACIÓN RURAL POR CENTRO POBLADO RURAL
(CENSO 2007) 1**

TIPO DE ÁREA	SEGÚN SEXO		
	HOMBRE	MUJER	TOTAL
• Rural	171	190	361

Fuente: Elaboración propia

El presente proyecto se enfoca en plantear la solución a dicho problema ambiental que aqueja a la población de la citada localidad, proponiendo un sistema de fitorremediación para aguas grises a nivel domiciliario de la localidad evaluando la capacidad de Fitodepuración de la *Eichhornia Crassipes*, más conocido como “lirio acuático” o “Jacinto de agua” y conocer el gran potencial que tiene para reducir la toxicidad de las aguas residuales grises.

También se procederá a la investigación para conocer los tipos y cantidades de contaminantes que tienen estas aguas residuales grises, basándose en el procedimiento de depuración de la *Eichhornia Crassipes*. El análisis consistirá en ver la tolerancia y adaptación de las plantas en el proceso de

¹ FUENTE: INEI de Población y Vivienda 1993 - 2005

fitorremediación en aguas grises de uso doméstico, que a su vez contienen detergentes, jabones, desinfectantes, limpiadores y otros.

La *Eichhornia Crassipes* es una planta que se encuentra en las zonas bajas como por ejemplo en el río Sullana, es por eso que se realizará la adaptación inicial respectiva para llevar a cabo este proceso de fitorremediación.

Las aguas residuales generadas en las poblaciones rurales son vertidas a campo abierto, lo cual genera un foco infeccioso ya que se forman charcos de agua que pueden tener efectos adversos para la salud de la población sobre todo en los niños; asimismo estas aguas son vertidas en acequias, lagunas, canales o cuerpos de aguas superficiales, que posteriormente se unen con otros cuerpos formándose quebradas; lo cual genera una contaminación en las cuencas bajas (ríos).

FOTOGRAFÍA Nº 1: VERTIMIENTO DE AGUAS GRISES A CAMPO ABIERTO



Fuente: Propia

En estas zonas los habitantes siembran plantas y árboles frutales alrededor de sus casas, incluso crían animales cerca a estas aguas y muchas veces sus cultivos se encuentran cerca de ellas; pues estas aguas están dirigidas en su mayoría hacia estas plantaciones lo cual genera una disminución en la capacidad de reproducción y crecimiento de las mismas, además de

almacenar los contaminantes que provienen de las aguas residuales vertidas. Por esto, el agua residual se trata con plantas capaces de depurar o rebajar la cantidad de contaminantes que poseen.

Al utilizar aguas grises que contengan detergentes para irrigación, se pueden contaminar los suelos y por consiguiente, los cultivos. Así inhibe el 70% del crecimiento de las plantas. Estos productos sintéticos que se utilizan a diario actúan como contaminante y luego al ser arrojados a las aguas provocan la disminución del oxígeno disuelto en el agua con lo cual se dificulta la vida acuática.

1.1.2. Definición del Problema

El problema principal es la inminente contaminación a causa de la falta de tratamiento de las aguas residuales grises que son vertidos a los cuerpos naturales de agua y a los campos que se encuentran en los alrededores de las viviendas.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Por qué es necesario la evaluación de la capacidad de depuración de la *Eichhornia Crassipes* en aguas residuales del caserío San Miguel-zona de Ñoma - distrito de Santo Domingo-provincia de Morropón en el periodo 2017-2018 – Piura?

1.2.2. Problemas Específicos

- ✓ ¿Por qué es necesario la realización de los análisis de la calidad del agua pre y post al proceso de depuración?

- ✓ ¿Por qué es importante el desarrollo de la técnica de depuración con *Eichhornia crassipes* en las aguas residuales en el caserío San Miguel-distrito de Santo Domingo?
- ✓ ¿Por qué es necesario la realización del estudio físico químico de una espécimen (*Eichhornia crassipes*) antes y después del tratamiento de depuración?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

- ✓ Evaluar la capacidad de depuración de la *Eichhornia Crassipes* en aguas residuales del caserío San Miguel-Zona de Ñoma - distrito de Santo Domingo-provincia Morropón en el periodo 2017-2018 - Piura”

1.3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Efectuar el análisis de la calidad del agua pre y post al proceso de depuración.
- ✓ Desarrollar la técnica de depuración con *Eichhornia crassipes* en las aguas residuales en el caserío San Miguel- distrito de Santo Domingo.
- ✓ Realizar el estudio físico químico de una espécimen (*Eichhornia crassipes*) antes y después del tratamiento de depuración para comprobar la capacidad de absorción en metales pesados de la planta.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación Teórica

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente de los estudiantes y así impulsar a la indagación con base científica sobre las técnicas de fitorremediación, con este proyecto se ayudará a contrarrestar el grave problema de contaminación de agua que se viene presentando en los últimos años en la región Piura y específicamente en el caserío San Miguel.

Los resultados de esta investigación ayudarán a impulsar otras investigaciones científicas a nivel experimental en la Universidad Alas Peruanas, de esta manera se presentarán nuevos proyectos y alternativas de solución a los diferentes problemas ambientales que nos aquejan.

En muchos de los hogares de la localidad de San Miguel del distrito de Santo Domingo, no se cuenta con el acceso a los servicios básicos de saneamiento (agua y desagüe), pero en la Zona de Ñoma se han establecidos proyectos de abastecimiento de estos servicios; tal es así que gran parte de esta población tiene letrinas con arrastre hidráulico y disposición sanitaria de excretas con biodigestores. Pero en estos proyectos contempla que solo las aguas provenientes del wáter (wt), pueden ser dirigidas al biodigestor, el resto de las aguas, llámese las de la ducha lavatorio de manos, lavatorio de ropa y lavador de platos, son vertidas a campo abierto según las indicaciones dadas por los gestores del proyecto, ya que estos biodigestores son de poca capacidad y además solo degrada agua con materia orgánica.

En este proyecto mediante la utilización de plantas aplicando la fitorremediación, reduce la toxicidad en el agua. Además con la fitorecuperación de estas aguas residuales grises, se le puede dar otro uso, como es el riego para diferentes especies arbóreas que habitan en esta zona. El tratamiento de aguas residuales domésticas es una necesidad urgente, debido a los problemas de contaminación que producen si son vertidas directamente en fuentes de agua natural.

Por estos motivos se estudiará el comportamiento de la planta acuática conocida como “Jacinto de agua” (*Eichhornia crassipes*) con el fin de obtener la información que permita de manera eficiente tener la técnica deseada para el tratamiento de estas aguas residuales grises.

1.4.2. Justificación Metodológica

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de dar solución a este grave problema de contaminación, proponiendo una alternativa de solución amigable con el medio ambiente y con una metodología fácil y sencilla de ejecutar, esta ventaja brinda además las facilidades a los pobladores de la zona que tomen como referencia nuestro estudio y así aplicarlo en sus hogares.

1.4.3. Justificación Práctica

La elaboración y aplicación del sistema presentado en este proyecto de investigación está apoyado en bases científicas comprobadas de manera práctica, es por ello que la experimentación que se ha realizado ha sido siguiendo las pautas necesarias.

1.5. Importancia

Uno de los principales problemas mundiales es la pérdida del agua esto debido al crecimiento exponencial de la población que se ha incrementado día a día y ha originado que la persona consuma más agua que antes, por lo que genera que la población no tenga las condiciones básicas para su eliminación una vez usadas. Muchos países como España se están enfocando en la descontaminación de los residuos líquidos provenientes de aguas residuales, ante esta preocupación mundial la población del Distrito de San Miguel – Santo Domingo, tiene esta necesidad debido a los problemas de contaminación que existe en la zona y a los posibles efectos adversos como

son las enfermedades que afecten netamente a la los niños del centro poblado.

El tratamiento y mejoramiento de las aguas residuales domésticas en este sector es de vital importancia puesto que el diagnóstico de la realidad local ha ayudado a determinar su necesidad y verificar la concentración de contaminantes que se evacuan. A través de la aplicación de plantas acuáticas flotantes, se persigue implementar el tratamiento piloto a nivel unifamiliar determinando la eficiencia de la especie *Eichhornia Crassipes*, en el proceso de remoción de contaminantes en aguas residuales grises proveniente de las actividades domésticas.

1.6. Limitaciones

Las limitaciones que presenta esta investigación es la falta de información relacionada con los sistemas de fitorremediación y con la especie *Eicchornia crassipes*. Además otra limitante es la dificultad del traslado de la especie del río Chira hasta el caserío de San Miguel ubicado en el distrito de Santo Domingo.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Referencial

2.1.1. Antecedentes de la investigación

No existen referencias históricas de que esta técnica haya sido usada en el caserío de San Miguel para darle tratamiento a las aguas residuales grises que son vertidos a los cuerpos de agua naturales.

2.1.2. Referencias históricas

Internacionales

En la Fábrica de Imusa S.A. localizada en el municipio de Río Negro (Antioquía)-Colombia, se tienen operando desde 1988 unos canales sembrados con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua), se ha comprobado una eficiencia de remoción de los diferentes contaminantes que alcanza más de 97% en los metales pesados.

También algunos investigadores como por ejemplo Chará (1988) quien describe uno de estos sistemas de tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcinas. El sistema está constituido por un biodigestor, seguido de un canal de sedimentación, un canal con *Eichhornia Crassipes* y, por último, un canal con Lemna Minor.

Otro investigador, Pedraza (1997) afirma que “una disminución en la demanda bioquímica de oxígeno de 247 a 149 mg/l y una reducción en los sólidos suspendidos totales de 214 a 58 mg/l en una granja porcina en el Valle del Cauca utilizando este sistema de tratamiento”.(p.4)

Según la Tesis Doctoral en Territorio y Medio Ambiente sustentada por Claudia Coronel Olivares en la Universidad Politécnica de Madrid en el año 2006 denominada “Justificación del Empleo de Nuevos Indicadores Biológicos en Relación con la Calidad de Aguas”, se sostiene que el empleo del recurso hídrico en diversas actividades humanas lo convierte en vehículo de desechos, denominándose aguas residuales urbanas (ARU). A nivel Mundial se establece una reglamentación de obligado cumplimiento para garantizar que las ARU sean tratadas correctamente y minimicen el impacto sobre los cauces receptores. Así, el objetivo principal de las estaciones depuradoras de aguas residuales es mantener un equilibrio en la calidad del agua de salida, antes de verter su efluente a los cauces públicos. De este modo el agua puede ser reutilizada después de su tratamiento.

Jesica Paola Aponte Moreno de la Universidad de La Salle Facultad De

Ingeniería Ambiental Y Sanitaria en Bogotá-Colombia, afirma que se evaluó la capacidad de depuración de las aguas residuales grises mediante un humedal artificial de flujo sub superficial en la vereda El Peñón, municipio de San Francisco, en Cundinamarca. Asimismo se diseñó y construyó un humedal artificial para tratar un volumen de 313,17 litros de agua residual y con un tiempo de retención de 5 días. Las plantas acuáticas utilizadas fueron *Juncus effusus*, *Cyperus alternifolius*, *Cortaderia selloana*, *Typha latifolia* y *Eichhornia crassipes* obteniendo porcentajes de remoción en la DQO de 81,54%, en la turbiedad con 73,87%, la conductividad fue de 60,35% y los sólidos sedimentables obtuvieron 49,43% de eficiencia. Concluyendo así que el humedal artificial que se desarrollo es una opción de medida de manejo para el tratamiento de las aguas residuales grises.

Nacionales

En el 2012 se hizo un estudio de tesis: “Comparación y Evaluación de Tres Plantas Acuáticas para Determinar la Eficiencia de Remoción de Nutrientes en el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas”, por Zarela Milagros García, de la Universidad Nacional de Ingeniería. Una de las plantas utilizadas fue *Eichhornia crassipes* la cual mostró una remoción de nutrientes que osciló entre los 52% al 86% con un periodo de retención de 5 días; mientras que el parámetro microbiológico DBO5 presentó una remoción de 26.7% en un periodo de retención de 2.5 días. Se considera a la *Eichhornia crassipes* una especie promisoría en los procesos de desinfección de las aguas residuales debido a la alta eficiencia en niveles de remoción.

En el estudio realizado se observó que fue posible remover los nutrientes a un 90% como se esperaba pues estudios recientes hechos en el Perú y en América Latina que señalan eficiencia promedio del 95%. Sin embargo se determinó como mejor tratamiento a *Eichhornia Crassipes*, y en base a este resultado, esta especie se aplicó para la depuración de aguas residuales domésticas. El Jacinto de agua es la especie más eficiente en la remoción de lodos (50%, a diferencia de

40% en los otros tratamientos) y esta remoción estuvo asociada a las mismas variables fisicoquímicas (15%-30% de correlación).

Locales

En nuestra localidad, el término fitorremediación es nuevo ya que antes no se conocía tal grado de contaminación en las aguas. Así pues en la Universidad Alas Peruanas Filial Piura, el Bachiller David Anthony Jesùs Bayona Sánchez, presentó su tesis de estudio, “Evaluación de la Capacidad Remediadora de la Especie *Eichhornia Crassipes* del Río Chira para el tratamiento de aguas servidas en la planta de tratamiento de Aguas Residuales El Indio”, el cual implementó un sistema de tratamiento por fitorremediación y se comprobó la capacidad depuradora de la especie en cuestión, para la reducción de las concentraciones contaminantes presentes en las aguas residuales de la PTAR el Indio. De acuerdo a esta investigación se determinó que la eficiencia de remoción de la especie *Eichhornia crassipes* aumentó en mayor proporción en los parámetros de DQO (26.42 %) y DBO (22,91%), asimismo se observó el incremento de remoción de aceites y grasas (10,71 %) y de coliformes termotolerantes (1,95), sin embargo la remoción de sólidos totales suspendidos no fue efectiva.

2.2. Marco legal

2.2.1. Ley 28611. Ley General del Ambiente

Artículo 66.- De la salud ambiental

66.1 La prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental. Es responsabilidad del Estado, a través de la Autoridad de Salud y de las personas naturales y jurídicas dentro del territorio nacional, contribuir a una efectiva gestión del ambiente y de los factores que generan riesgos a la salud de las personas.

66.2 La Política Nacional de Salud incorpora la política de salud

ambiental como área prioritaria, a fin de velar por la minimización de riesgos ambientales derivados de las actividades y materias comprendidas bajo el ámbito de este sector.

Artículo 67.- Del saneamiento básico

Las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan la construcción y administración de infraestructura apropiada; la gestión y manejo adecuado del agua potable, las aguas pluviales, las aguas subterráneas, el sistema de alcantarillado público, el reuso de aguas servidas, la disposición de excretas y los residuos sólidos, en las zonas urbanas y rurales, promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento, así como el establecimiento de tarifas adecuadas y consistentes con el costo de dichos servicios, su administración y mejoramiento.

Artículo 94.- De los servicios ambientales

94.2 Se entiende por servicios ambientales, la protección del recurso hídrico, la protección de la biodiversidad, la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y la belleza escénica, entre otros.

94.3 La Autoridad Ambiental Nacional promueve la creación de mecanismos de financiamiento, pago y supervisión de servicios ambientales.

2.2.2. Ley 29338. Ley de Recursos Hídricos

Artículo 82º.- Reutilización de agua residual

La Autoridad Nacional, autoriza el reuso del agua residual tratada, con opinión del Consejo de Cuenca, El titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia. Para actividades distintas, se requiere autorización.

D.S. N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos
TÍTULO V; CAPÍTULO VII: Reuso de Aguas Residuales Tratadas

Artículo 147º.- Reuso de agua residual

Artículo 148º.- Autorizaciones de reuso de aguas residuales tratadas

Artículo 149º.- Procedimiento para el otorgamiento de autorizaciones de reuso de aguas residuales tratadas

Artículo 150º.- Criterios para evaluar la calidad del agua para reuso

Artículo 151º.- Plazo de vigencia de las autorizaciones de reuso de aguas residuales tratadas

Artículo 152º.- Del control del reuso de las aguas residuales tratadas

Artículo 148º.- Autorizaciones de reuso de aguas residuales tratadas

Podrá autorizarse el reuso de aguas residuales únicamente cuando se cumplan con todas las condiciones que se detallan a continuación:

a. Sean sometidos a los tratamientos previos y que cumplan con los parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales,

b. Cuente con la certificación ambiental otorgada por la autoridad ambiental sectorial competente, que considere específicamente la evaluación ambiental de reuso de las aguas.

c. En ningún caso se autorizará cuando ponga en peligro la salud humana y el normal desarrollo de la flora y fauna o afecte otros usos.

Artículo 150º.- Criterios para evaluar la calidad del agua para reuso

Las solicitudes de autorización de reuso de aguas residuales tratadas serán evaluadas tomándose en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reuso del agua o, en su defecto, las guías correspondientes de la Organización Mundial de la Salud.

2.2.3. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

2.2.4. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM – LMPs efluentes.

La calidad del agua residual depende del uso de las aguas del cuerpo receptor al cual se vierte, o del uso directo de las aguas residuales tratadas.

Los Límites Máximos Permisibles para Agua están dados según Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM donde se aprueban los Límites Máximos

Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los cuales son:

CUADRO N° 2: DS.003-2010-MINAM LMP PARA EFLUENTES DE PTAR ²

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPO DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mg	10000
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de oxígeno	mg/L	200
Ph	unidad	6.5 – 8.5
Sólidos Totales en suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Portal web MINAM

2.3. Marco conceptual

Aguas residuales

Aguas cuyas características han sido modificadas por actividades antropogénicas, requieren de tratamiento previo y pueden ser vertidas a un cuerpo natural de agua o ser reutilizadas. (Glosario de términos para la gestión ambiental peruana – 2012).

Fitorremediación

² Fuente: portal web MINAM

La Fitorremediación es el uso de plantas para la eliminación, contener o convertir a no dañinos los contaminantes ambientales. Esta definición aplica a todos los procesos físicos, químicos y biológicos que están influenciados por las plantas y que ayudan en la limpieza de sustancias contaminantes.

Las plantas pueden usarse en el sitio de remediación, para mineralizar e inmovilizar los compuestos orgánicos tóxicos en la zona de la raíz y para acumular y concentrar metales y otros compuestos inorgánicos del suelo en los retoños sobre la tierra. (Roberto C. Villas Boas, Cristina Echavarría, Jorge Elías, Diego Monserra, editores)

Detergentes

Los detergentes son productos químicos que tienen la capacidad de disolver las partículas de suciedad que suelen ser grasas, orgánicas e incluso químicas. Esta capacidad de disolver la suciedad es debida a su carácter tenso activo. (RAE)

Vertimiento

Sinónimo de efluente. Está referido a toda descarga deliberada de aguas residuales a un cuerpo natural de agua. Se excluyen las provenientes de naves y artefactos navales, así como la descarga de aguas residuales al alcantarillado.

Salud ambiental

Disciplina que comprende aquellos aspectos de la salud humana, incluida la calidad de vida, que son determinados por factores ambientales físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales. También se refiere a la teoría y práctica de evaluar, corregir, controlar y prevenir aquellos factores en el medio ambiente que pueden potencialmente afectar adversamente la salud de presentes y futuras generaciones.

Depuración

El procedimiento y el resultado de depurar se conocen como depuración. El verbo depurar, refiere a purgar, higienizar, filtrar o reacondicionar una cosa.

Eichhornia crassipes

Llamado comúnmente Jacinto de Agua, Flor de Bora, Camalote, Aguapey, Tarope o Tarulla, es una planta acuática de la familia de las Pontederiaceae.

Nombre científico: *Eichhornia crassipes*

Categoría: Especie

Clasificación superior: *Eichhornia*

Especie: *Eichhornia crassipes*;

Familia: Pontederiaceae

División: Magnoliophyta

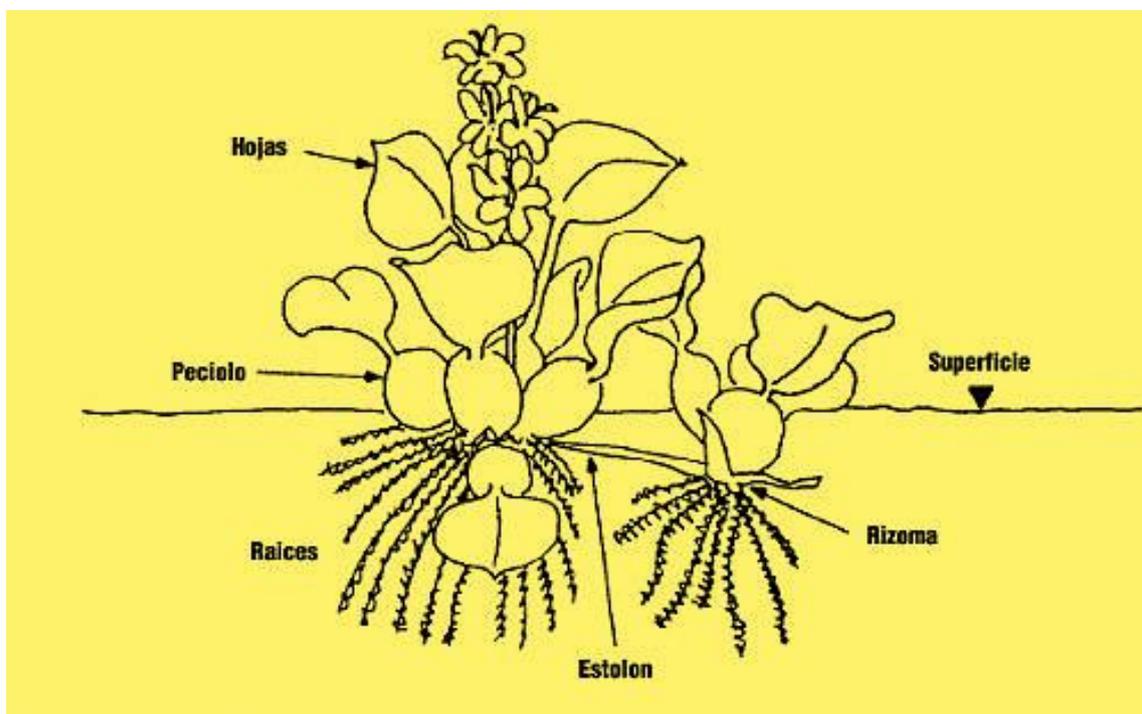
Reino: Plantae

IMAGEN Nº 1 : *EICHHORNIA CRASSIPES* (JACINTO DE AGUA)



Fuente: Portal web Wikipedia

IMAGEN Nº 2: MORFOLOGÍA DE *EICHHORNIA CRASSIPES*



Fuente: Jorge Martelo, Jaime A. Lara Borrero - 2012

Esta especie *Eichhornia Crassipes*, o también llamada comúnmente Jacinto de Agua o Lirio Acuático, es una especie originaria de las regiones cálidas de América del Sur. Es usada mayormente para uso medicinal y decorativo, en algunos países la consideran una especie invasora.

Según Asturnatura.com se define con una planta perenne, de tallo corto provisto de una roseta de hojas basales del que también sale un tallo florífero o escapo de hasta 25 cm, glabro.

Hojas con lámina de 2,5-14 x 3,5-9,5(13) cm, redondeada, de obtusa a ligeramente aguda; pecíolo 3,5-50 x 1,5-3 cm, con cámaras aéreas, inflado sobre todo en las plantas flotantes; estípulas de 4-7 x 1-3(5) cm, rodeando al pecíolo, truncadas o continuadas en una lígula de 0,9-1 x 0,9-1,5 cm, caediza, semicircular, fimbriada, hialina, de color lila.

Inflorescencia formada por 4-18 flores, en espiga, glabra, papilosa o con pelos glandulíferos incoloros, que sobresale de una espata de 4-12 x 1,5-3 cm, caudada y rodeada por una única hoja.

Flores casmógamas; perianto azul o morado, con tubo de 1-1,2 cm y lóbulos de 1,6-3,7 cm, obovados; el lóbulo superior central con una mancha morada más oscura en el centro y, en el interior de esta, otra amarilla.

Androceo con estambres superiores de 1,4-1,9 mm y los inferiores de 2-3,5 cm; anteras 1,7-2,1 mm, orbiculares.

Gineceo de 3-3,5 cm, del mismo color que el perianto, con pelos glandulíferos.

Fruto en cápsula fusiforme de 10-15 x 5-6 mm. Semillas 1,0-2,2 x 0,5-1 mm, con 11-14 alas longitudinales.

Origen y Distribución Geográfica

Originaria de la Cuenca del Amazonas, e introducida en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo.

Se encuentra extendida, naturalizada por los trópicos y subtrópicos de todo el mundo, así como por numerosas zonas templadas cálidas, libres de

heladas. Introducida en más de 50 países (EEUU, sur de Asia, Australia, África Tropical, América Central, Italia y Portugal); en España, citada en Alicante, Cáceres, Castellón, Tarragona y Asturias. En 2004 se tuvo conocimiento de su presencia en Badajoz en la cuenca del Guadiana.

Reproducción

Asexual

La reproducción vegetativa consiste en la separación de brotes que forman una nueva planta que, al desarrollarse en condiciones ambientales adecuadas, puede llegar a formar individuos capaces de reproducirse.

Sexual

La reproducción sexual se realiza a través de las semillas de la planta, este ciclo dura más de cinco meses. Un requisito indispensable para que la germinación ocurra rápidamente, es la escarificación o rompimiento de la cubierta externa.³ La reproducción sexual *E. crassipes* se lleva a cabo a través de semillas, producidas en la base de cada flor. Las plantas hijas, permanecen pegadas a la planta madre hasta que el viento u otro factor mecánico causa el rompimiento y dispersión.

La floración puede iniciar desde el mes de Octubre y continúa a través de los meses de verano. En cada uno de los tallos continúa abierta una flor por uno o dos días. Cuando todas las flores de una planta se han marchitado, el tallo pierde presión dentro del agua y después de 18 días, las semillas son liberadas de la base de la cápsula de cada flor muerta⁴.

Parámetros de Crecimiento

Su crecimiento va a depender del medio donde se desarrolle. Cuando hay escasez de elementos fertilizantes se inhibe el crecimiento de la planta. Por el contrario, en abundancia de nutrientes la planta se desarrolla a su máximo límite, adquiriendo un intenso color azul verdoso.

³ Fuentes (Miranda & Lot, 1999) y

⁴ (Land Protection, 2007)

CUADRO Nº 3: PARÁMETROS DE CRECIMIENTO

Temperatura	Debe estar entre 15 a 30°C, cesando a los 10°C y produciendo la muerte.
Iluminación	Intensa o semisombra
Relación N – P	Es mayor a la que se encuentra en el agua, el N se agotará antes que el fósforo, por lo que sería necesaria una fertilización suplementaria con N para lograr una eliminación de P.
Carga orgánica	En términos de DBO5 puede variar entre 1 y 30 ppm al día (10 y 300 kg/ha día)
Dureza	Dureza media regular 12 – 18 ppm
PH	6-4 – 7.5
Nutrientes	Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, aluminio, boro, cobre, molibdeno y zinc.

Fuente: Elaboración propia

Esta planta obtiene del agua todos los nutrientes nitrógeno y el fósforo, junto a los iones de potasio, calcio, magnesio, hierro, amonio, nitrito, sulfato, cloro, fosfato y carbonato, los más importantes.

Poseen un sistema de raíces, que tienen microorganismos asociados a ellas que favorece la acción depuradora de las plantas acuáticas, retienen en sus tejidos metales pesados (cadmio, mercurio, arsénico). Además remueve algunos compuestos orgánicos, tales como fenoles, ácido fórmico, colorantes y pesticidas, y disminuye niveles de DBO (demanda biológica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno), y sólidos suspendidos.

Es una de las plantas de más rápido crecimiento, se reproducen principalmente por estolones que forman nuevas plántulas, además de semillas. El vigoroso Jacinto de Agua común *Eichhornia Crassipes* puede doblar su número en dos semanas.

El Jacinto de Agua también se observa para mejorar la nitrificación en las aguas residuales tratadas con células de tecnología viva.

Sus zonas radiculares son excelentes micrositios de las comunidades bacterianas.

Remueve toxinas, tales como cianidas, un proceso que es de beneficio ambiental en las zonas que han sufrido las operaciones de minería de oro.

Flotan sostenidas por esponjosos rizomas, con las raíces flotando libremente.

Hasta el 50% de la biomasa puede estar constituida por raíces fibrosas, de color violáceo o azulado gracias a la antocianina que contienen como defensa frente a los predadores. Alcanzan los 3 m de largo, con radículas laterales en gran cantidad que le dan una apariencia plumosa.

La planta es muy tolerante, y de alta capacidad de captación de metales pesados, tales como Cd, Cr, Co, Ni, Pb, Hg, etc, que podría ser utilizado para la biolimpieza de aguas residuales industriales.

Además la *Eichornia Crassipes* es alimento de los gorgojos, (escarabajos de la súper familia Curculionoidea), *Neochetina bruchi*, *N. eichhorniae* y *Sameodesalbiguttalis*.⁵

En algunos países la extraen de los ríos donde se alojan grandes poblaciones con el fin de obtener productos para utilidad industrial y comercial, previo acondicionamiento y procesamiento, bajo estas consideraciones se aprecia al lirio acuático como activo ambiental y económico de gran utilidad. Su proceso biológico favorece la captación de contaminantes contribuyendo a la purificación del agua, es un restaurador de la ecología.

En diferentes lugares se utiliza para elaborar artesanías, papel ecológico o como planta ornamental; pero desde 1998 en la Ciudad de México el Lirio Acuático acondicionado y procesado se utiliza como fibra absorbente de hidrocarburos y aceites. Por su naturaleza este producto es 100% orgánico, biodegradable, no tóxico, no abrasivo, además actúa de manera rápida

⁵ Fuente: Sarela García (2012) Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

efectiva y segura para contener en su estructura porosa una gran variedad de sustancias industriales.

Es así como el lirio acuático nos ofrece una amplia gama de oportunidades productivas económicas y de bienestar ambiental.

ICP-MS (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente)

Es una técnica de análisis inorgánico elemental e isotópico capaz de determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica en un rango dinámico lineal de 8 órdenes de magnitud (ng/l – mg/l) además de poder llevar a cabo la determinación de los elementos en un análisis multielemental que provee la composición de la muestra analizada. Puede además llevar a cabo la cuantificación de la composición isotópica y estudios de la estabilidad de isótopos traza.

2.4. Marco Teórico

2.4.1. Fitorremediación Acuática

a) Definición

La fitorremediación es la depuración de las aguas residuales usando plantas vasculares, algas (fitorremediación), hongos (mico remediación) y por extensión de ecosistemas que contienen estas plantas. Con estas se trata de eliminar o controlar los diversos contaminantes existentes en el agua residual. La degradación de compuestos dañinos se acelera mediante la actividad de algunos microorganismos.

Es una planta vascular acuática, ha sido vista como una plaga y su proliferación dificulta la navegación de los ecosistemas acuáticos

b) Tipos de Plantas Acuáticas

Con base en sus formas de vida, las plantas utilizadas en los sistemas de fitorremediación acuática se clasifican en tres grupos:

- ✓ Emergentes: Se extiende de la superficie hacia arriba.
- ✓ Flotantes: Sus tallos y hojas se desarrollan sobre la superficie del agua.
- ✓ Sumergidas: Se desarrollan bajo la superficie.

c) Funciones de las Plantas de la Fitorremediación

Uno de sus principales mecanismo es la remoción de contaminantes que son de tres tipos: físicos (sedimentación, filtración, adsorción, volatilización), químicos (precipitación, hidrólisis, reacciones de óxido-reducción o fotoquímicas) y biológicos (resultado del metabolismo microbiano, del metabolismo de plantas, de procesos de bioabsorción).

Uno de los procesos que ocurren en el tratamiento de aguas residuales, es la degradación de la materia orgánica por parte de los microorganismos que viene alrededor de la planta y es donde dicho microorganismo absorbe de las plantas nitrógeno, fósforo y otros minerales que forman parte de los desechos de las plantas a través de su raíz

Otro fenómeno importante es el relacionado con la atracción electrostática entre las cargas eléctricas de las raíces de las plantas, las cuales se adhieren a la superficie de la raíz y posteriormente son absorbidas y asimiladas por las plantas y los microorganismos.

Además, las plantas tienen la capacidad de transferir oxígeno desde sus partes superiores hasta su raíz, produciendo una zona aeróbica en sus alrededores que favorece los distintos procesos que ocurren durante el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Como se ha mencionado, las raíces de las plantas sirven primeramente como sustrato para la comunidad microbiana, cuya actividad reduce

significativamente el contenido de sólidos suspendidos, los niveles de nitrógeno y el consumo de oxígeno.

Posteriormente, las propias plantas a través de sus actividades metabólicas, se encargan de asimilar, transformar y acumular los diferentes tipos de contaminantes.⁶

CUADRO Nº 4: FUNCIÓN DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO ⁷

Parte de la planta	Función
Raíces o tallos sumergidos	<p>Sustrato para el crecimiento bacteriano.</p> <p>Medio para la filtración y adsorción de sólidos.</p> <p>Bioabsorción y acumulación de contaminantes.</p>
Tallos u hojas emergentes	<p>Atenúan la luz del sol y así pueden evitar el crecimiento de algas suspendidas.</p> <p>Reducen los efectos del viento sobre el agua.</p> <p>Reducen la transferencia de gases y calor entre la atmósfera y el agua.</p> <p>Transfieren oxígeno desde las hojas a la raíz Transfieren y acumulan contaminantes.</p>

Fuente: Elaboración propia

⁶ FUENTE: Eugenia J. Olguín (2004) Fitorremediación acuática - http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf

⁷ Fuente: Reddy y Smith, 1987; Polprasert, 1996.

d) Ventajas y Limitaciones

Esta práctica de fitorremediación de aguas residuales, si bien es cierto tiene sus ventajas como:

- ✓ Es una tecnología sustentable.
- ✓ Es eficiente para tratar diversos tipos de contaminantes in situ.
- ✓ Es aplicable a situaciones de concentraciones de contaminantes de bajas a moderadas.
- ✓ Es de bajo costo.
- ✓ No perjudica al ambiente.
- ✓ Tiene una versatilidad potencial para tratar una gama diversa de materiales peligrosos.
- ✓ Se pueden reciclar recursos (agua, biomasa, metales).

Además también tiene sus limitantes como:

- ✓ Es un proceso relativamente lento (cuando las especies son de vida larga, como árboles o arbustos).
- ✓ Los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente durante el otoño (especies perennes).
- ✓ Los contaminantes pueden acumularse en maderas para combustión.
- ✓ No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras.
- ✓ La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de contaminantes.
- ✓ Se requieren áreas relativamente grandes.
- ✓ Pudiera favorecer el desarrollo de mosquitos (en sistemas acuáticos)

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Tipo, Nivel

3.1.1. Tipo de la Investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo Cuantitativa, ya que nos va a permitir conocer la cantidad de contaminantes que el sistema puede remover en las aguas residuales grises.

3.1.2. Nivel de la Investigación

Esta investigación es de nivel exploratoria, documental, descriptiva y

explicativa, ya que se ha experimentado utilizando plantas de tipo acuáticas y para comprobar su eficiencia, se ha recurrido a los análisis físico químicos y microbiológicos.

3.2. Método

Se utilizara el método experimental, ya que hemos diseñado un modelo de estanque para la adaptación de estas plantas acuáticas y además comprobamos la eficiencia de este con la contratación de los análisis.

3.3. Diseño de la Investigación

Diseños experimentales verdaderos, medición previa y posterior con un grupo de control.

3.4. Hipótesis de la Investigación

3.4.1. Hipótesis General

- ✓ Si se evalúa la capacidad de depuración de la *Eichhornia Crassipes* en aguas residuales se logrará contar con información válida para ser aplicada en otros lugares.

3.4.2. Hipótesis Específicas

- ✓ Si se efectúa el análisis de la calidad del agua pre y post del proceso de fitorremediación, se conocerá los parámetros de calidad del agua depurada.
- ✓ Si se desarrolla la técnica de depuración con *Eichhornia crassipes*, se lograra implementar un proceso de fitorremediación de las aguas residuales en el caserío de San Miguel – Zona Ñoma – Santo Domingo.

- ✓ Si se realiza el estudio físico químico de la especie (*Eichhornia crassipes*) antes y después del tratamiento de depuración se logrará conocer la capacidad de absorción de la planta.

3.5. Variables

3.5.1. Variable Independiente

Evaluación de la capacidad depurativa de *Eichhornia crassipes*.

3.5.2. Variable Dependiente

Tratamiento de las aguas residuales grises

3.6. Cobertura del Estudio de Investigación

3.6.1. Universo

Departamento de Piura

3.6.2. Población

Distrito de Santo Domingo – Provincia de Morropón

3.6.3. Muestra

Caserío de San Miguel

3.6.4. Muestreo

Vivienda del Caserío San Miguel donde se instaló el sistema de Fitorremediación.

3.7. Técnicas, Instrumentos y Fuentes de Recolección de Datos

3.7.1. Técnicas de la Investigación

Se utilizará el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial.

3.7.2. Instrumentos de la Investigación

3.7.2.1. Evaluación del Crecimiento y Reproducción de especímenes

El crecimiento y evaluación de las especímenes se dio durante un periodo de 3 meses, desde el mes de abril hasta junio con un plan de seguimiento y control el cual consistía en 6 inspecciones de campo cada dos veces al mes. La población inicial fue de 12 especímenes distribuidas en todo el estanque. A continuación en el cuadro N°05 se detalla el plan de seguimiento y control en el estanque.

CUADRO Nº 5: INSPECCIONES REALIZADAS AL SISTEMA DE FITORREMEDIACIÓN

INSPECCIONES	FECHA	OBSERVACIONES
1era inspección	15/04/2017	Se comprobó que las especímenes se lograron adaptar con facilidad a las condiciones ambientales

FOTOGRAFÍA Nº 2 FOTO 1ERA INSPECCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE



Fuente: Propia

2da inspección	30/04/2017	Se observó la reproducción de las especímenes por la presencia de plantas jóvenes.
-----------------------	------------	--

FOTOGRAFÍA Nº 3: 2DA INSPECCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE



Fuente: Propia

3era inspección	10/05/2017	En la tercera inspección se observa el crecimiento acelerado de las especímenes y además tuvimos inconvenientes por la presencia de un reptil (sapo). Se tomó nota de la observación para investigar si esta especie de reptil podría dañar las especímenes en el estanque.
------------------------	------------	---

FOTOGRAFÍA N° 4: 3ERA INSPECCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE



Fuente: Propia

4ta inspección	29/05/2017	Se pudo determinar que la especie de reptil no generaría ningún riesgo para las especímenes en el estanque. Sin embargo las especímenes continuaron con su acelerado crecimiento.
-----------------------	------------	---

FOTOGRAFÍA N° 5: 4TA INSPECCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE



Fuente: Propia

5ta inspección	22/06/2017	En esta inspección se encontró un óptimo crecimiento y reproducción de la especie, además se observó una distribución completa por todo el estanque.
-----------------------	------------	--

FOTOGRAFÍA N° 6: 5TA INSPECCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE



Fuente: Propia

6ta inspección	30/06/2017	Se determinó que las especímenes se lograron adaptar y reproducir por completo a las condiciones climatológicas, además resistió las bajas temperaturas del caserío San miguel ubicado en el distrito de Santo Domingo. Se prosiguió a retirar un espécimen para realizar el análisis físico químico de la planta.
-----------------------	------------	--

FOTOGRAFÍA N° 7: 6TA INSPECCIÓN RETIRO DE UNA ESPÉCIMEN DEL ESTANQUE PARA ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO



Fuente: Propia

CUADRO N° 6: COORDENADAS UTM

Coordenadas: DATUM – UTM WGS'84	
Longitud	94427779.09
Latitud	624811.22

Fuente: Elaboración Propia

3.7.3. Fuentes de Recolección de Datos

No se obtienen fuente de recolección de datos.

3.8. Procesamiento estadístico de la información.

3.8.1. Estadísticos.

Para motivos del presente proyecto no se realizaron encuestas, datos estadísticos, etc. Por lo tanto no es preciso presentar dicha información.

3.8.2. Representación

3.8.2.1. Eficiencia de Remoción de cargas contaminantes en el sistema de tratamiento por fitorremediación.

Para calcular las eficiencias de remoción del sistema de tratamiento de aguas grises por fitorremediación, se utilizó la siguiente expresión matemática.

$$E = (S_o - S) / S_o \times 100$$

S_o : Antes del Tratamiento de fitorremediación

S : Después del Tratamiento de fitorremediación

CUADRO Nº 7: EFICIENCIA EN LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ANTES Y DESPUÉS DE 3 MESES DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN

PARÁMETRO	UNIDAD	ANTES DEL TRATAMIENTO	3 MESES DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	PORCENTAJE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES
ACEITES Y GRASAS	mgL ⁻¹ (ppm)	28.15	2.46	91.26%
DQO (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	662.8	50.7	92.35%
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	258.4	22.16	91.42%
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	mgL ⁻¹ (ppm)	1200	460.0	61.67%
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100mL a 44.5 °C	11600	1200	89.66%

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO Nº 8: EFICIENCIA EN LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ANTES Y DESPUÉS DE 3 MESES Y UNA SEMANA DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN

PARÁMETRO	UNIDAD	ANTES DEL TRATAMIENTO	3 MESES Y UNA SEMANA DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	PORCENTAJE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES
ACEITES Y GRASAS	mgL ⁻¹ (ppm)	28.15	1.2	95.74%
DQO (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	662.8	4.80	99.28%
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	258.4	1.89	99.27%
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	mgL ⁻¹ (ppm)	1200	120	90.00%
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100mL a 44.5 °C	11600	800	93.10%

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Resultados parciales

4.1.1.1. Recojo, selección y transporte de las especímenes

Previo a la experimentación, se ha realizado la obtención de las especies, las cuales han sido extraídas del río Chira, ubicado en la provincia de Sullana.

Se hizo el recojo de 18 especímenes las cuales fueron depositadas en cubetas de plástico con una capacidad de 30 litros, y además haciendo el recojo de la propia agua del río en 01 balde de 40 litros para su posterior adaptación.

Luego de ello fueron trasladadas hacia la ciudad de Santo Domingo al caserío San Miguel – Zona Ñoma, para su adaptación en el estanque con aguas residuales.

FOTOGRAFÍA N° 8: RECOJO DE LAS ESPECÍMENES PARA SU TRASLADO DESDE EL RÍO CHIRA HACIA EL CASERÍO SAN MIGUEL DISTRITO DE SANTO DOMINGO



Fuente: Propia

FOTOGRAFÍA N° 9: VERIFICACIÓN Y CONTEO DE LAS ESPECÍMENES A UTILIZAR EN EL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN



Fuente: Propia

FOTOGRAFÍA N° 10: ALREDEDORES DEL RÍO CHIRA DE DONDE SE EXTRAJERON LAS ESPECÍMENES



Fuente: Propia

4.1.1.2. Adaptación de las especímenes antes de ser dispuestas en el estanque

Luego de haber recogido y trasladado las especímenes hacia la ciudad de Santo Domingo en San Miguel - Zona Ñoma, se dispuso el agua traída del río Chira en 2 cubetas de 30 litros cada una, para después disponer las especímenes de *Eichhornia Crassipes* dentro del estanque ya construido. El periodo de adaptación fue de 1 semana, en este periodo se pudo determinar y comprobar que la especímenes no habían sufrido ningún cambio ni se habían estropeado, lo que nos dio un indicio de que ya estaban aptas para ser utilizadas en el tratamiento de fitorremediación con aguas residuales grises.

4.1.1.3. Condiciones del terreno para el Estanque

El terreno debe tener una topografía uniforme horizontal o con ligera pendiente y el suelo debe tener una permeabilidad lenta (<5 mL/hora). La temperatura que puede tolerar es de entre 16 y 30 °C, con el óptimo comprendido entre 20 y 26 °C.

El nivel de profundidad que se le dio al estanque fue de 0.45 m hasta 1.2 m para tratar de que las raíces no entren en contacto con la el fondo del suelo y así puedan entrar en contacto con los contaminantes. A menores concentraciones de nutrientes del agua se puede manejar profundidades mayores, puesto que las raíces de la planta crecen en longitud y absorben también otros nutrientes.

La carga orgánica expresada en términos de DBO puede variar entre 1 y 30 ppm al día (10 y 300 kg/ha. Día)

4.1.1.4. Limpieza y excavación para la construcción del estanque

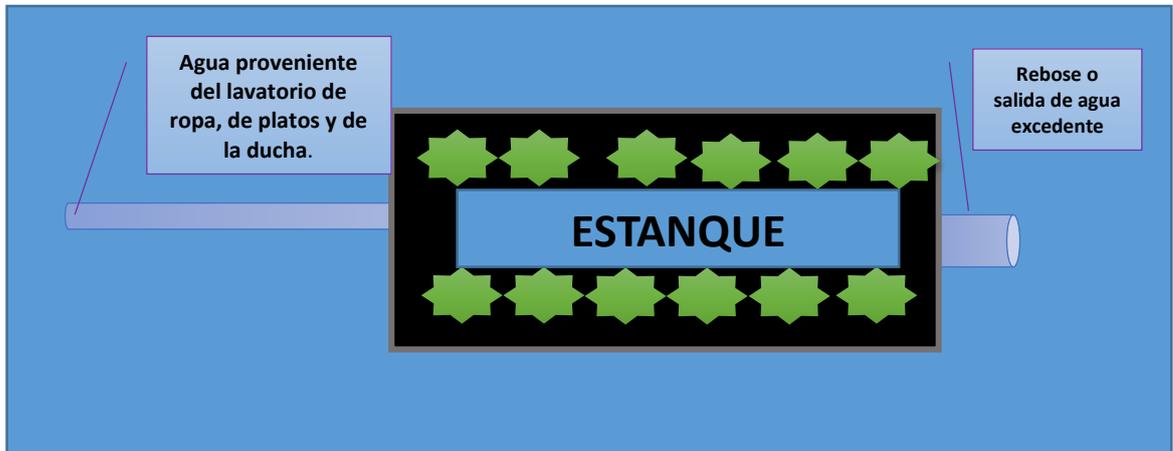
El terreno del estanque es preparado para que se limpie toda la maleza y que no existan drenajes, y así el agua no pueda percolar. Se cavó en el terreno utilizando una pico y una pala, las medidas de la excavación fueron de 2m de largo x 1 m de ancho por 0.90 cm de profundidad. Una vez armado el estanque es recomendable tomar los parámetros de campo (T, PH Y OD); para este proyecto solo se tomó la temperatura ya que no contamos con un equipo necesario para tomar los demás parámetros.

FOTOGRAFÍA N° 11: EXCAVACIÓN EN EL TERRENO PARA LA INSTALACIÓN DEL ESTANQUE



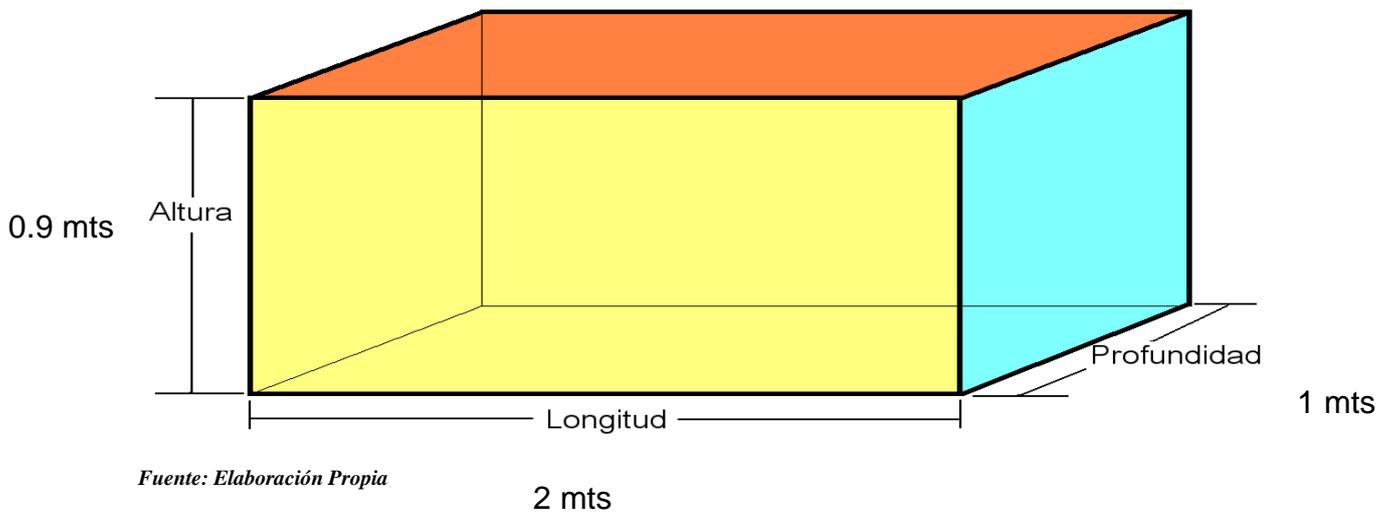
Fuente: Propia

IMAGEN Nº 3 DISEÑO DEL SISTEMA PARA ESTANQUE PARA LA FITORREMEDIACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

IMAGEN Nº 4: DISEÑO Y DIMENSIONES DEL ESTANQUE



Fuente: Elaboración Propia

2 mts

FOTOGRAFÍA N° 12: TOMA DE MEDIDAS PARA LA INSTALACIÓN DEL ESTANQUE



Fuente: Propia

Luego de haber excavado se verifican las medidas de acuerdo al diseño ya planteado para el estanque.

FOTOGRAFÍA N° 13: COLOCACIÓN DEL PLÁSTICO POLIETILENO



Fuente: Propia

Después de haber excavado y verificado las medidas, se dispuso a colocar plástico polietileno de 4mm para cubrir todo el estanque y así evitar pérdida de agua por percolación. Se necesitó de 8 metros de plástico polietileno, además se hizo un sistema de drenaje en el estanque a través de la pendiente del terreno con un tubo pvc de 2 pulgadas a la entrada y a la salida del rebose tal como se muestra en la Imagen N° 03.

4.1.1.5. Instalación de las especímenes dentro del estanque para el tratamiento de fitorremediación

Luego de haber pasado por una primera adaptación de una semana con la propia agua traída del río Chira, las especímenes estaban listas para ser dispuestas en el estanque. En un inicio se recogió 18 ejemplares de las cuales se eligieron dos para comenzar con el tratamiento ya que las demás se habían estropeado durante el traslado hacia la ciudad de Santo Domingo. Además se eligió una de las especímenes para realizar el análisis físico químico de la planta antes del tratamiento de fitorremediación.

CANTIDAD DE PLANTAS NECESARIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN:

La cantidad de plantas para cubrir el área a implementar se determina de la siguiente manera:

N° de Plantas = Densidad de planta / Área disponible de la laguna

Teniendo en cuenta una distribución de 6 plantas (medianas)/m²

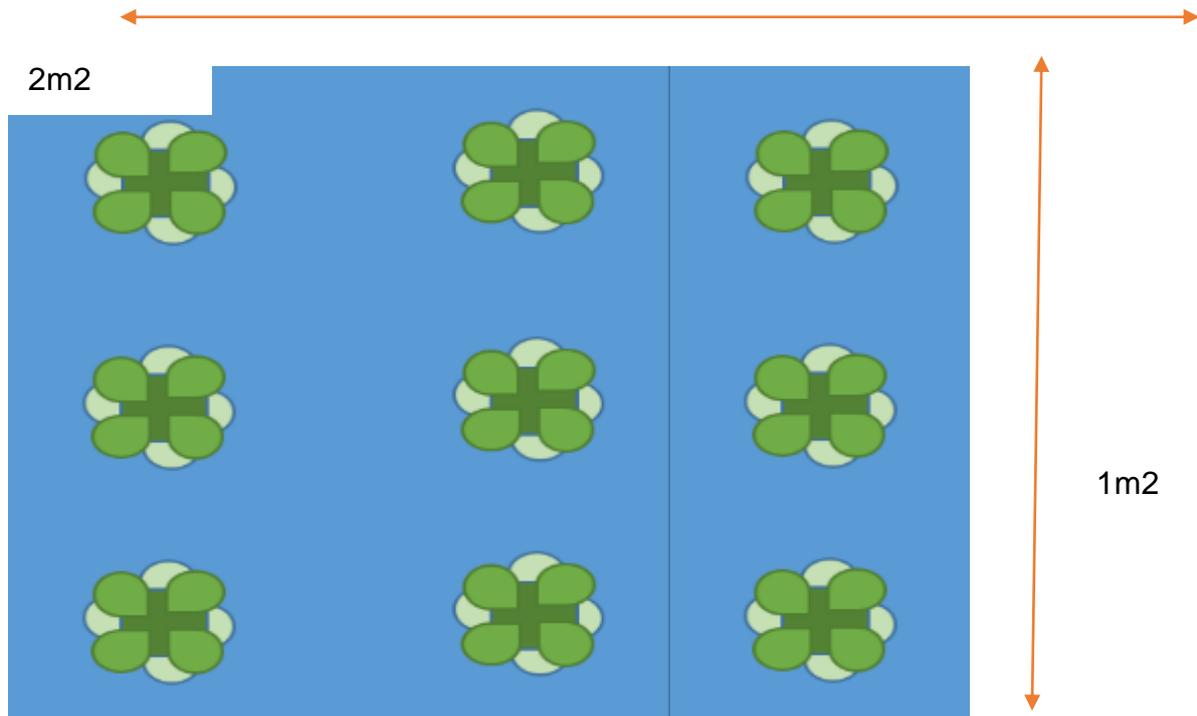
Área propuesta para la implementación de fitorremediación:

$$A = 1\text{m} \times 2\text{m} = 2\text{ m}^2$$

N° de plantas = (6 plantas) x 1 m²

N° de plantas = 12 especímenes

IMAGEN Nº 5: CANTIDAD DE ESPECÍMENES POR M²⁸



Fuente: Tesis -“Evaluación de la capacidad remediadora de la especie eichhornia crassipes del río Chira para el tratamiento de aguas servidas en la planta de tratamiento de aguas residuales El Indio”

4.1.1.6. Adaptación de las especímenes dentro del estanque

Desinfección.- El Jacinto de Agua se deposita en estanque de depuración de 1800 litros de capacidad, el estanque debía tener un rebose para la eliminación del agua excedente.

En este proyecto se utilizó un estanque sin circulación de agua, ya que se tiene previsto que en dos meses realice la depuración de los contaminantes.

Las especímenes traídas del río Chira fueron adaptadas en un inicio con la propia agua del río y además se le aplicó cloro con una concentración aproximada de 50 ppm, para combatir microorganismos como hongos, bacterias y otros.

⁸ Fuente: Tesis-“Evaluación de la capacidad remediadora de la especie eichhornia crassipes del Río Chira para el tratamiento de aguas servidas en la planta de tratamiento de aguas residuales El Indio”

FOTOGRAFÍA N° 14: COLOCACIÓN DE LAS ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE YA CONSTRUIDO



Fuente: Propia

Siembra.- Después de un periodo de tiempo conveniente de desinfección, las plantas se colocaron en gavetas para facilitar su transporte hasta el estanque en donde luego se colocan en el sistema, con el máximo cuidado, desechando plantas estropeadas, quebradas, etc. Se hizo la colocación de 12 especímenes según recomendación, por el área del estanque y volumen de agua a almacenar.

FOTOGRAFÍA N° 15: ESPECÍMENES COLOCADAS EN EL ESTANQUE



Fuente: Propia

FOTOGRAFÍA N° 16: COLOCACIÓN DEL AGUA TRAÍDA DEL RIO CHIRA EN EL ESTANQUE



Fuente: Propia

Se realizó una primera adaptación tal como se detalla en el ítem 4.1.1.2, con agua traída del Río Chira, en sus primeros días, con esta técnica se busca no crear un cambio brusco en su hábitat de desarrollo de la planta.

FOTOGRAFÍA N° 17: COLOCACIÓN DE LAS ESPECÍMENES EN EL ESTANQUE



Fuente: Propia

4.1.2. Resultados generales

4.1.2.1. Toma de muestras para análisis en el estanque antes del proceso de fitorremediación

La toma de muestras se hizo siguiendo las precauciones necesarias que establece el Protocolo de Monitoreo, dado por el ANA.

El estanque está diseñado para almacenar 1.8 m³, teniendo como referencia este dato se prosiguió a realizar la toma de muestras.

FOTOGRAFÍA N° 18: AGUAS RESIDUALES ANTES DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN



Fuente: Propia

FOTOGRAFÍA N° 19: TOMA DE MUESTRAS EN EL ESTANQUE ANTES DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN



Fuente: Propia

4.1.2.2. Toma de muestras para análisis en el estanque después del proceso de fitorremediación

La toma de muestras se hizo siguiendo las precauciones necesarias que establece el Protocolo de Monitoreo, dado por el ANA.

**FOTOGRAFÍA N° 20: TOMA DE MUESTRAS EN EL ESTANQUE 3 MESES
DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN**



Fuente: Propia

**FOTOGRAFÍA N° 21: TOMA DE MUESTRAS EN EL ESTANQUE 3 Y DOS
SEMANAS DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN**



Fuente: Propia

4.1. Contrastación de Hipótesis

- ∴ Se comprobó que evaluando la capacidad de *Eichhornia crassipes* es factible el tratamiento de las aguas residuales grises, en el caserío San Miguel – Santo Domingo.
- ∴ Se efectuó el análisis antes y después del proceso de fitorremediación y así se conoció la efectividad de la técnica aplicada.
- ∴ La técnica de fitorremediación nos permitió lograr la depuración de las aguas residuales grises en el caserío San Miguel – Santo Domingo.
- ∴ La absorción de metales pesados se hizo efectiva con el análisis fisicoquímico que se le realizó a la planta y además se conoció la parte donde más se almacenan los contaminantes que fue en los bulbos o tallos cortos.

4.2. Discusión de resultados

Al inicio de la ejecución del proyecto se realizó un muestreo para analizar las aguas residuales que se pretendían tratar, para demostrar la eficiencia de remoción de contaminantes de la *Eichhornia Crassipes*. La comparación del antes y el después es de suma importancia para esta investigación ya que esto nos permitirá evaluar la capacidad de depuración de la espécimen.

4.2.1. Resultados Obtenidos de Análisis de Agua

Las muestras obtenidas fueron llevadas a los laboratorios de la Universidad Nacional de Piura en el Centro Productivo de Bienes y Servicios Departamento Académico de Ingeniería Química para ser analizadas, obteniéndose los siguientes resultados.

En el cuadro N° 7 se observa que todos los LMP están siendo excedidos en las aguas antes del proceso de fitorremediación.

**CUADRO N° 9 CUADRO RESULTADOS DE ANÁLISIS OBTENIDOS ANTES
DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN**

RESULTADOS FISIQUÍMICOS				
DETERMINACIÓN MUESTRA	UNIDAD	RESULTADOS	LMP DS.003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO
ACEITES Y GRASAS	mgL ⁻¹ (ppm)	28.15	20	EPA-821-R-001.MET.1669.B
NITRITOS (NO2)	mgL ⁻¹ (ppm)	18.24	-	SMEWW-4500 NO2-B22nd.Edition
NITRATOS (NO3)	mgL ⁻¹ (ppm)	63.2	-	SMEWW-4500 NO2-B22nd.Edition
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	mgL ⁻¹ (ppm)	1200	150	SMEWW-2540 D.22nd.Edition
DQO (mgO2/L)	mgL ⁻¹ (ppm)	662.8	200	SMEWW-5220 - C.22nd.Edition
DBO5 (mgO2/L)	mgL ⁻¹ (ppm)	258.4	100	SMEWW-5210 - B.22nd.Edition
NITRÓGENO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	26.24	-	SMEWW-4500 N-B22nd.Edition
FÓSFORO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	10.56	-	SMEWW-4500 P-E22nd.Edition
PH		6.1	6.5 - 8.5	SMEWW-4500 H+-B22nd.Edition
Conductividad 25°C	µs/cm	3800	-	SMEWW-2510 B.22nd.Edition
Cloruros (Cl)	mgL ⁻¹ (ppm)	610	-	SMEWW-4500 CL-B22nd.Edition
Sulfatos (So4)	mgL ⁻¹ (ppm)	420	-	SMEWW-4500 SO4.E.22nd.Edition
Dureza Total	mgL ⁻¹ (ppm)	760	-	SMEWW-2340 C.22nd.Edition
Hierro (Fe)	mgL ⁻¹ (ppm)	4.2	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Manganeso (Mn)	mgL ⁻¹ (ppm)	1.7	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Alumino (Al)	mgL ⁻¹ (ppm)	10.56	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Cobre (Cu)	mgL ⁻¹ (ppm)	8.24	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Zinc (Zn)	mgL ⁻¹ (ppm)	7.3	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Sodio (Na)	mgL ⁻¹ (ppm)	648	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS				
DETERMINACIÓN MUESTRA	UNIDAD	RESULTADOS	LMP DS.003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO
Coliformes Totales	NMP/100mL a 35 °C	13,2 x 10 ³	-	SM Part. 9221 B 22 nd Edition.2012
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL a 44.5 °C	11,6 x 10 ³	10000	SM Part. 9221 B 22 nd Edition.2012
E. Coli	UFC/100 mL a 44.5 °C	1,1 x 10 ³	-	SM Part. 9221 G 22 nd Edition.2012
Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35 °C	4,2 x 10 ³	-	SM Part. 9215 B 22 nd Edition.2012
Huevos larvas Helminthos	Nº org./L	34	-	Microscopía

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO Nº 10 CUADRO RESULTADOS DE ANÁLISIS OBTENIDOS 3 MESES
DESPUÉS DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN**

RESULTADOS FISICOQUIMICOS				
DETERMINACIÓN MUESTRA	UNIDAD	RESULTADOS	LMP DS.003-2010 MINAM	METODO ENSAYO
ACEITES Y GRASAS	mgL ⁻¹ (ppm)	2.46	20	EPA-821-R-001.MET.1669.B
NITRITOS (NO2)	mgL ⁻¹ (ppm)	3.40	-	SMEWW-4500 NO2-B22nd.Edition
NITRATOS (NO3)	mgL ⁻¹ (ppm)	56.6	-	SMEWW-4500 NO2-B22nd.Edition
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	mgL ⁻¹ (ppm)	460.0	150	SMEWW-2540 D.22nd.Edition
DQO (mgO2/L)	mgL ⁻¹ (ppm)	50.7	200	SMEWW-5220 - C.22nd.Edition
DBO5 (mgO2/L)	mgL ⁻¹ (ppm)	22.16	100	SMEWW-5210 - B.22nd.Edition
NITRÓGENO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	3.12	-	SMEWW-4500 N-B22nd.Edition
FÓSFORO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	2.82	-	SMEWW-4500 P-E22nd.Edition
PH		6.6	6.5 - 8.5	SMEWW-4500 H+-B22nd.Edition
Conductividad 25°C	µs/cm	2200	-	SMEWW-2510 B.22nd.Edition
Cloruros (Cl)	mgL ⁻¹ (ppm)	420	-	SMEWW-4500 CL-B22nd.Edition
Sulfatos (So4)	mgL ⁻¹ (ppm)	380	-	SMEWW-4500 SO4.E.22nd.Edition
Dureza Total	mgL ⁻¹ (ppm)	450	-	SMEWW-2340 C.22nd.Edition
Hierro (Fe)	mgL ⁻¹ (ppm)	2.1	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Manganeso (Mn)	mgL ⁻¹ (ppm)	0.8	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Alumino (Al)	mgL ⁻¹ (ppm)	6.45	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Cobre (Cu)	mgL ⁻¹ (ppm)	6.32	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Zinc (Zn)	mgL ⁻¹ (ppm)	6.1	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Sodio (Na)	mgL ⁻¹ (ppm)	420	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS				
DETERMINACION MUESTRA	UNIDAD	RESULTADOS	LMP DS.003-2010 MINAM	METODO ENSAYO
Coliformes Totales	NMP/100mL a 35 °C	6723	-	SM Part. 9221 B 22 nd Edition.2012
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL a 44.5 °C	1.2 x 10 ²	10000	SM Part. 9221 B 22 nd Edition.2012
E. Coli	UFC/100 mL a 44.5 °C	220	-	SM Part. 9221 G 22 nd Edition.2012
Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35 °C	2.5 x 10 ³	-	SM Part. 9215 B 22 nd Edition.2012
Huevos larvas Helminthos	Nº org./L	30	-	Microscopía

Fuente: Elaboración propia

CUADRO Nº 11 CUADROS RESULTADOS DEL ANÁLISIS OBTENIDO 3 MESES Y UNA SEMANA DESPUÉS DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN

RESULTADOS FISICOQUIMICOS				
DETERMINACION MUESTRA	UNIDAD	RESULTADOS	LMP DS.003-2010 MINAM	METODO ENSAYO
ACEITES Y GRASAS	mgL ⁻¹ (ppm)	1.2	20	EPA-821-R-001.MET.1669.B
NITRITOS (NO2)	mgL ⁻¹ (ppm)	0.87	-	SMEWW-4500 NO2-B22nd.Edition
NITRATOS (NO3)	mgL ⁻¹ (ppm)	12.9	-	SMEWW-4500 NO2-B22nd.Edition
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	mgL ⁻¹ (ppm)	120	150	SMEWW-2540 D.22nd.Edition
DQO (mgO2/L)	mgL ⁻¹ (ppm)	4.80	200	SMEWW-5220 - C.22nd.Edition
DBO5 (mgO2/L)	mgL ⁻¹ (ppm)	1.89	100	SMEWW-5210 - B.22nd.Edition
NITRÓGENO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	1.13	-	SMEWW-4500 N-B22nd.Edition
FÓSFORO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	0.88	-	SMEWW-4500 P-E22nd.Edition
PH		6.8	6.5 - 8.5	SMEWW-4500 H+-B22nd.Edition
Conductividad 25°C	µS/cm	980	-	SMEWW-2510 B.22nd.Edition
Cloruros (Cl)	mgL ⁻¹ (ppm)	123	-	SMEWW-4500 CL-B22nd.Edition
Sulfatos (So4)	mgL ⁻¹ (ppm)	90	-	SMEWW-4500 SO4.E.22nd.Edition
Dureza Total	mgL ⁻¹ (ppm)	150	-	SMEWW-2340 C.22nd.Edition
Hierro (Fe)	mgL ⁻¹ (ppm)	1.9	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Manganeso (Mn)	mgL ⁻¹ (ppm)	0.2	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Alumino (Al)	mgL ⁻¹ (ppm)	2.89	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Cobre (Cu)	mgL ⁻¹ (ppm)	2.8	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Zinc (Zn)	mgL ⁻¹ (ppm)	1.3	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
Sodio (Na)	mgL ⁻¹ (ppm)	126	-	EPA-METHOD 200.7.REV 4.4
RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS				
DETERMINACION MUESTRA	UNIDAD	RESULTADOS	LMP DS.003-2010 MINAM	METODO ENSAYO
Coliformes Totales	NMP/100mL a 35 °C	1,2 x 10 ³	-	SM Part. 9221 B 22 nd Edition.2012
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL a 44.5 °C	8 x 10 ²	10000	SM Part. 9221 B 22 nd Edition.2012
E. Coli	UFC/100 mL a 44.5 °C	24	-	SM Part. 9221 G 22 nd Edition.2012
Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35 °C	1 x 10 ³	-	SM Part. 9215 B 22 nd Edition.2012
Huevos larvas Helmintos	Nº org./L	8	-	Microscopía

Fuente: Elaboración propia

a. Temperatura

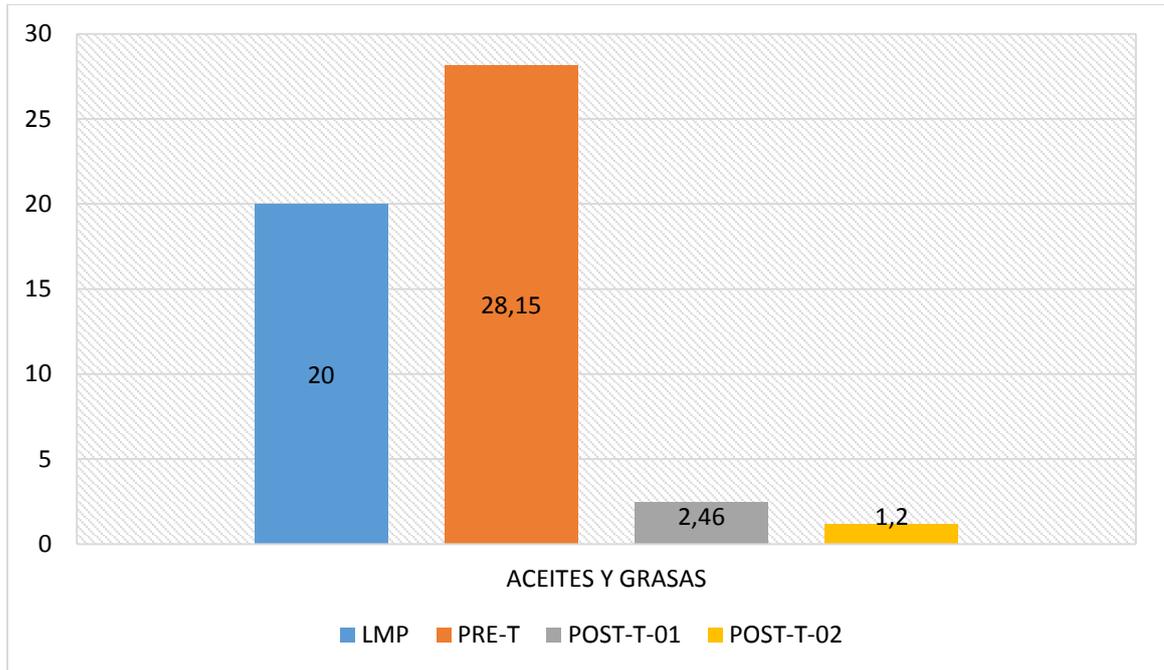
Para un óptimo crecimiento de la especie *Eichhornia crassipes* la temperatura debe estar entre 25 a 30 °C, por lo cual se realizó la medición de la temperatura al momento de la toma de muestras siendo las 10:47 a.m registrándose un valor de 21.5 °C, a estas horas la temperatura tiende a subir por la puesta del sol, pero en las noches se registran temperaturas de hasta 15°C, con la toma de estas temperaturas nos indica la especie implantada en el estanque se adapta muy bien a climas templados como lo es el caso del caserío San Miguel en Santo Domingo. Las bajas temperaturas pueden ser un factor que favorece a las plantas y evita la proliferación de bacterias u otros organismos que se reproducen a altas temperaturas.

En el transcurso de la investigación no se observó mayor variación de temperaturas, esto es beneficioso ya que se exceden los LIMPs cuando las temperaturas son mayores a 35°C.

b. Aceites y Grasas

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Este contaminante no permite la solubilidad en el agua y la nula biodegradabilidad por su baja densidad. En los resultados de los análisis se observa una importante disminución de este contaminante, cabe anotar que una vez más se comprueba la efectividad de *Eichhornia crassipes* en la depuración de este contaminante.

GRÁFICO N° 1 GRÁFICO ACEITES Y GRASAS



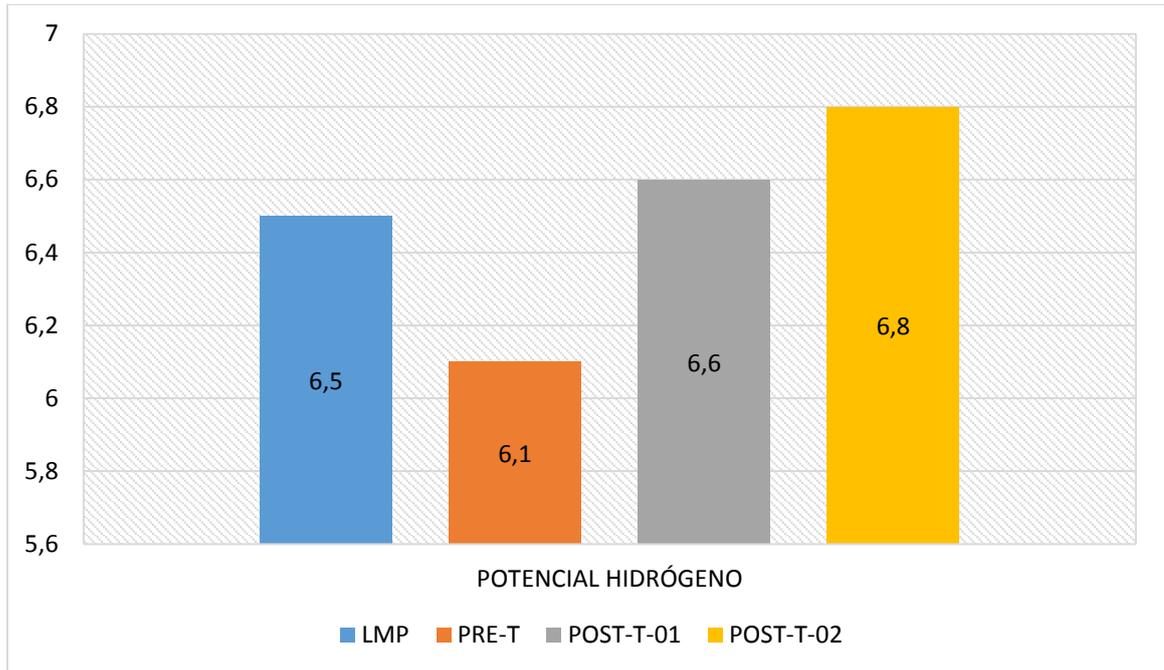
Fuente: Elaboración Propia

c.Potencial Hidrógeno

El valor del PH debe estar entre 6.5 y 8.5, según norma de los límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, durante los análisis realizados antes y después del proceso de fitorremediación, los valores se mantenían dentro de los rangos establecidos.

Cabe mencionar, que los valores de PH mayores a 9.5 o menores a 4.0 son factores que limitan el desarrollo de las bacterias que intervienen en la degradación de ciertos contaminantes presentes en las aguas residuales.

GRÁFICO Nº 2: POTENCIAL HIDRÓGENO

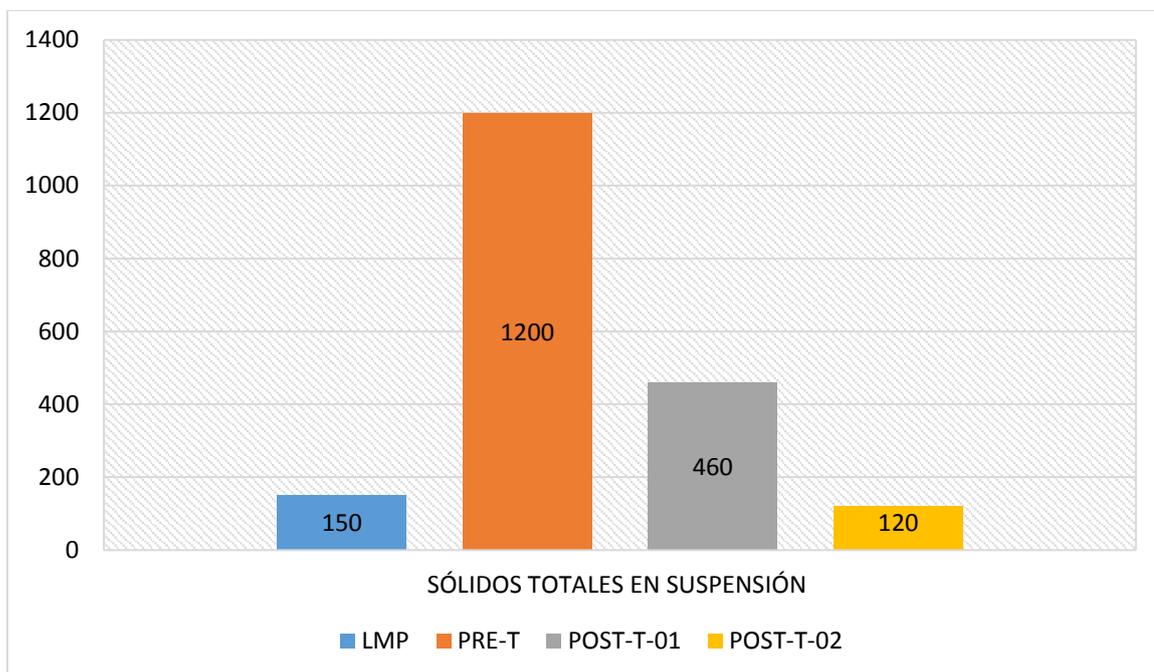


Fuente: Elaboración Propia

d. Sólidos totales en suspensión

Los valores de sólidos totales en suspensión muestran un descenso en el primer análisis después del proceso de fitorremediación, en el segundo análisis después del proceso de fitorremediación se observa un aumento de este contaminante, debido al factor climático (lluvia inesperada) ocurrido unas horas antes de tomar la muestra, esto ocasionó una variación en los resultados de los análisis.

GRÁFICO Nº 3: SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN



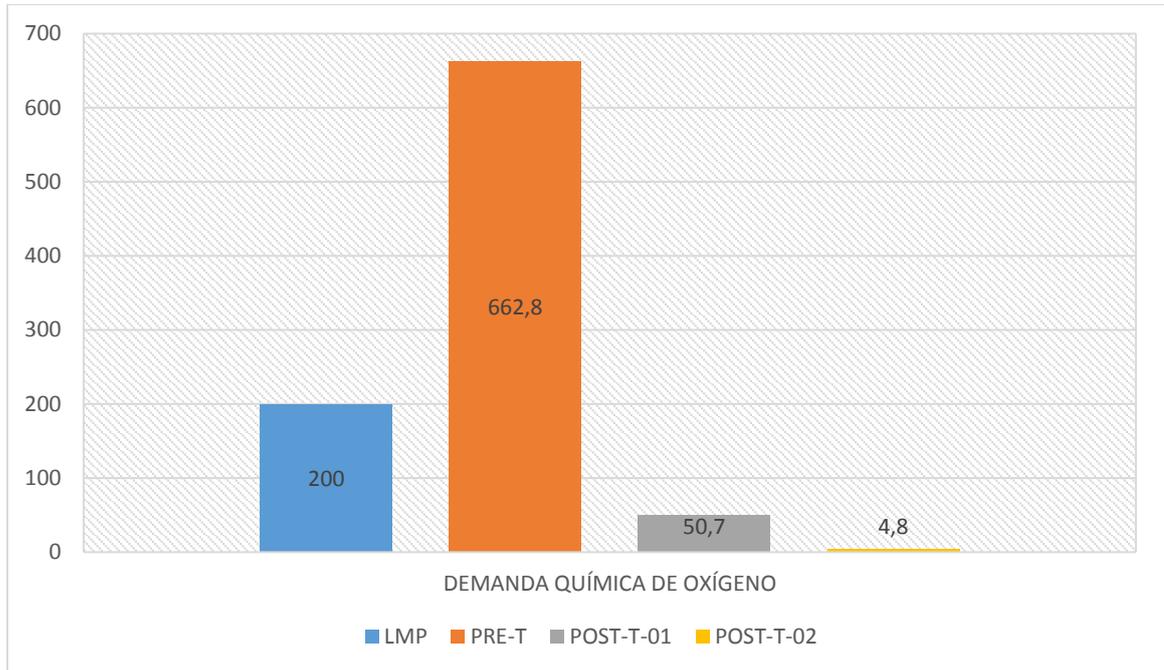
Fuente: Elaboración Propia

e. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Comparando según la norma de LMPs, la técnica de fitorremediación dio un eficiente resultado ya que reduce, considerablemente, la concentración de este contaminante en las aguas del estanque.

La demanda química de oxígeno es uno de los principales indicadores de salubridad en un cuerpo de agua natural. La presencia de oxígeno denota condiciones aerobias en el líquido y ausencia de olores o putrefacciones de las aguas. La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/l).

GRÁFICO Nº 4: DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO



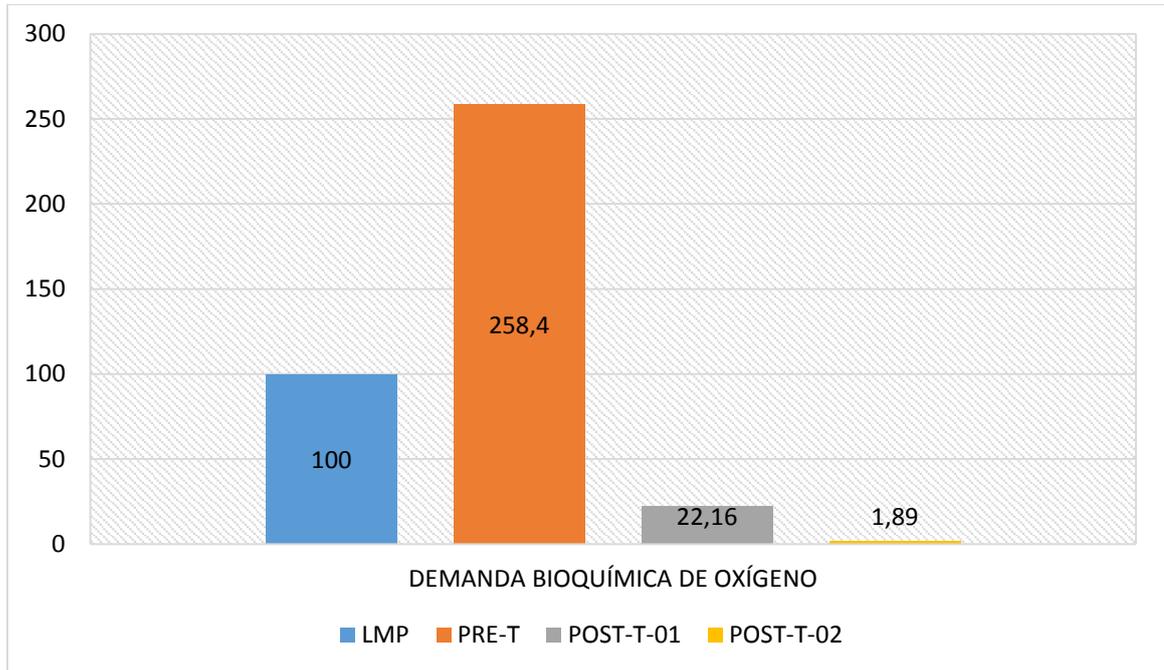
Fuente: Elaboración Propia

f. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

Los valores de la demanda bioquímica de oxígeno también obtuvieron una menor cantidad con el tratamiento de fitorremediación, esto nos indica que existe menor cantidad de microorganismos que utilizan oxígeno disuelto para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el cuerpo de agua.

Se define como D.B.O. de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaerobias facultativas: Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra.

GRÁFICO Nº 5: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO



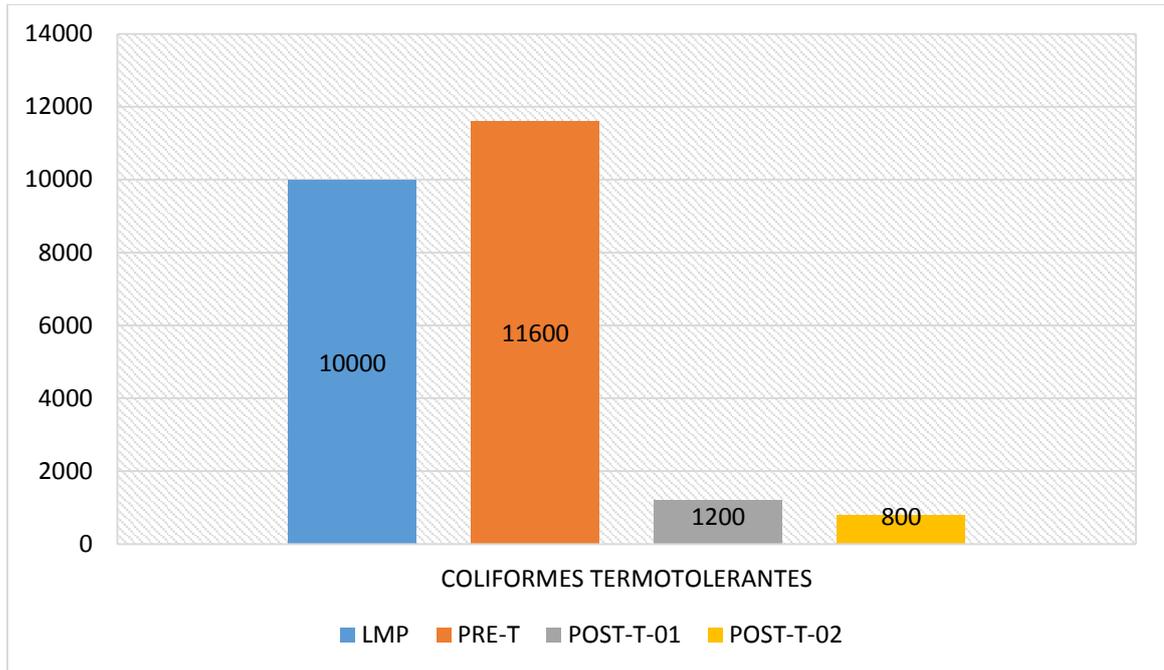
Fuente: Elaboración Propia

g. Coliformes Termotolerantes

En el primer análisis realizado antes del proceso de fitorremediación se observó que los coliformes termotolerantes excedían los LMPs considerablemente, en tanto con el tratamiento se logró reducir esta cifra hasta en un 80 – 90 %, es importante conocer la rápida efectividad del tratamiento sobretodo tratándose de un contaminante tan peligroso para la salud humana que aqueja nuestra sociedad.

La presencia de coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

GRÁFICO Nº 6: COLIFORMES TERMOTOLERANTES



Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. Resultados Físico Químicos Obtenidos de la Planta

Para motivos de este análisis, se obtuvo una planta escogiéndose las más jóvenes especímenes como muestras antes y después del tratamiento de fitorremediación para luego ser llevadas y analizadas en los laboratorios de la Universidad Nacional de Piura en el Centro Productivo de Bienes y Servicios Departamento Académico de Ingeniería Química en un moderno equipo (ICP-MASAS), y así comprobar la efectividad de *Eichhornia crassipes* en el almacenamiento de metales pesados en las diferentes partes de su estructura.

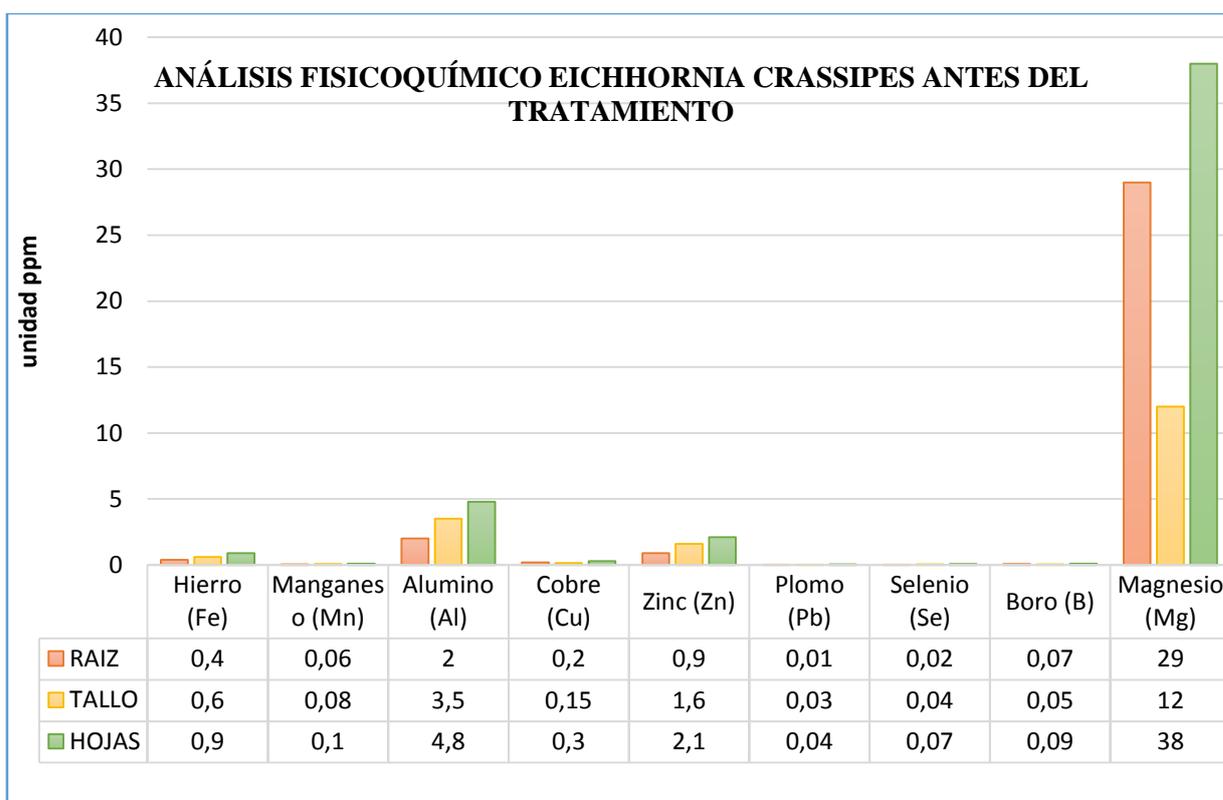
**CUADRO N° 12: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE *EICHHORNIA CRASSIPES*
ANTES DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN**

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE <i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>					
DETERMINACIÓN MUESTRA	UNIDAD	RESULTADOS			MÉTODO ENSAYO
		RAÍZ	TALLO	HOJAS	
Hierro (Fe)	(ppm)	0.4	0.6	0.9	ICP-MASAS
Manganeso (Mn)	(ppm)	0.06	0.08	0.10	ICP-MASAS
Aluminio (Al)	(ppm)	2	3.5	4.8	ICP-MASAS
Cobre (Cu)	(ppm)	0.20	0.15	0.3	ICP-MASAS
Zinc (Zn)	(ppm)	0.9	1.6	2.1	ICP-MASAS
Plomo (Pb)	(ppm)	0.01	0.03	0.04	ICP-MASAS
Selenio (Se)	(ppm)	0.02	0.04	0.07	ICP-MASAS
Boro (B)	(ppm)	0.07	0.05	0.09	ICP-MASAS
Magnesio (Mg)	(ppm)	29	12	38	ICP-MASAS

Fuente: Elaboración Propia

En diferentes investigaciones revisadas para la realización de este proyecto se constató que la especie *Eichhornia crassipes* también efectuaba la depuración de metales pesados en las aguas residuales. Por lo tanto se creyó conveniente realizar un análisis físico químico de la planta para verificar y evaluar en que parte de su estructura se almacenaban dichos metales pesados. Para ello se recurrió a la Universidad Nacional de Piura en el Centro Productivo de Bienes y Servicios Departamento Académico de Ingeniería Química el cual cuenta con un moderno equipo llamado ICP-MASAS (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente).

GRÁFICO Nº 7: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO *EICHHORNIA CRASSIPES*



Fuente: Elaboración Propia

CUADRO Nº 13º: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE *EICHHORNIA CRASSIPES* DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE FITORREMEDIACIÓN

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE <i>EICHHORNIA CRASSIPES</i>					
DETERMINACION MUESTRA	UNIDAD	RESULTADOS			MÉTODO ENSAYO
		RAÍZ	TALLO	HOJAS	
Hierro (Fe)	(ppm)	2.4	72.7	15.7	ICP-MASAS
Manganeso (Mn)	(ppm)	1.9	13.8	2.6	ICP-MASAS
Aluminio (Al)	(ppm)	4.2	56.9	15.6	ICP-MASAS
Cobre (Cu)	(ppm)	1.2	22.4	8.7	ICP-MASAS
Zinc (Zn)	(ppm)	1.9	36.2	14.6	ICP-MASAS
Plomo (Pb)	(ppm)	0.3	16.6	4.8	ICP-MASAS
Selenio (Se)	(ppm)	1.5	2.6	1.9	ICP-MASAS
Boro (B)	(ppm)	0.9	11.9	2.6	ICP-MASAS
Magnesio (Mg)	(ppm)	12	86	16	ICP-MASAS

Fuente: Elaboración propia

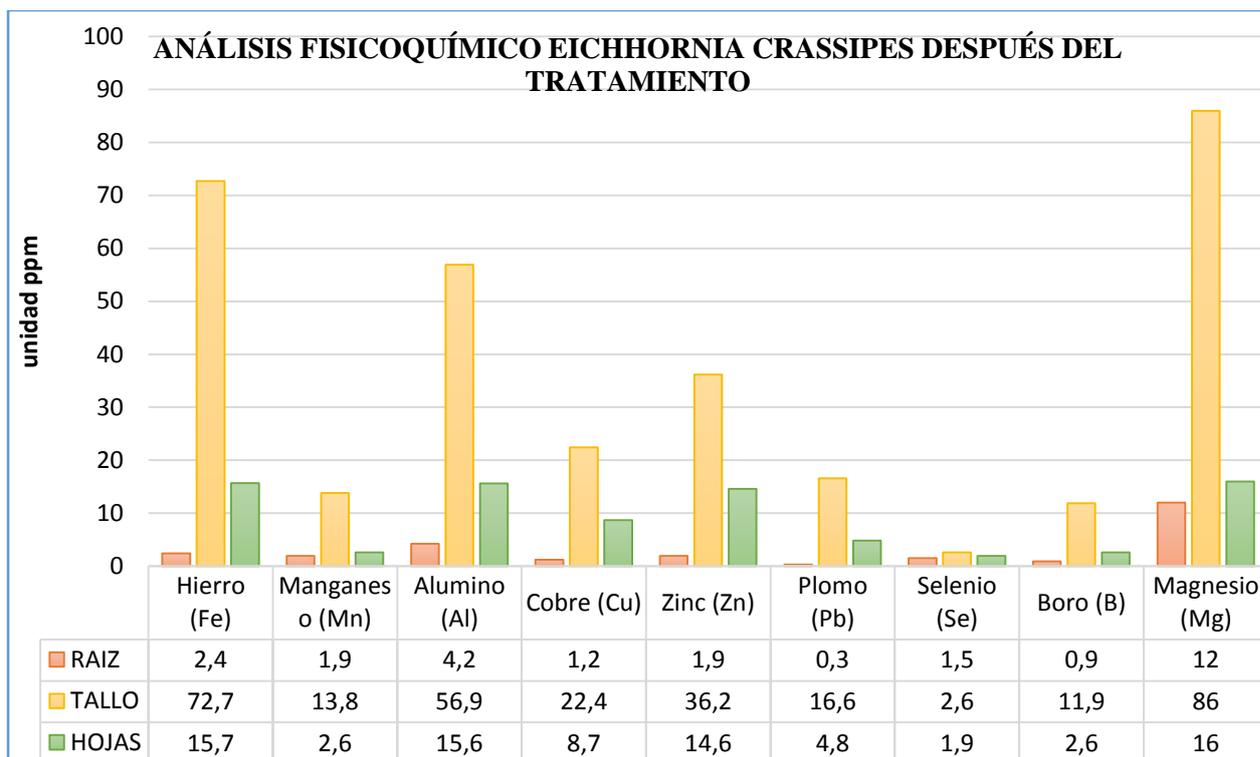
En el análisis físico químico realizado a *Eichhornia Crassipes* se observa en el Gráfico N°8 que el contaminante que más se absorbió durante el tratamiento de fitorremediación fue el Magnesio llegando a 86 ppm en la parte del tallo o bulbo (tallo pequeño acuático) y este comportamiento se da gracias a que está provisto de un rizoma muy particular emergente del que se abre un rosetón de hojas que tienen una superficie esponjosa notablemente inflada en forma de globo lo que permite absorber los metales pesados con facilidad, además el bulbo le permite a la planta mantenerse a flote sobre la superficie acuática.

La concentración de los metales pesados evaluados en la planta fue también en las hojas, esta especie bioacumula los metales estabilizándolos en sus hojas que además son puramente ascendentes, duras, alongados, las láminas son de 2 a 16 cm. Las hojas sumergidas son lineares, y las emergidas, entre obovadas y redondeadas, provistas de pequeñas hinchazones que facilitan la flotación.

Posee un sistema de raíces, que pueden tener microorganismos asociados a ellas que favorece la acción depuradora de la planta es por ello que el contaminante que más absorbió en sus raíces fue el magnesio también, seguido del aluminio. En general, estas plantas son capaces de retener en sus tejidos una gran variedad de metales pesados.

Para fines del presente estudio se escogió una de las especies más viejas ya que presentaban las raíces negras, el cual nos dio a entender que ellas almacenaban contaminantes en mayor proporción.

GRÁFICO Nº 8: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO *EICHHORNIA CRASSIPES*



Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- Se logró evaluar la capacidad de depuración de la especie *Eichhornia Crassipes* en aguas residuales del Caserío San Miguel-Zona de Ñoma - distrito de Santo Domingo-Provincia Morropón, encontrando resultados favorable para la instalación de este tipo de tratamiento de fitorremediación ya que son efectivos y de bajo costo.
- Se logró efectuar el análisis de la calidad de agua antes y después del tratamiento de fitorremediación, donde se determinó que antes del proceso excedían los LMPs en aceites y grasas de 28.15 mgL^{-1} (ppm) , sólidos totales en suspensión en 1200 mgL^{-1} (ppm) , DQO 662.8 mgL^{-1} (ppm) en y DBO5 en 258.4 mgL^{-1} (ppm) y coliformes fecales en $11,6 \times 10^3$ NMP/100mL; pero una vez realizado la fitorremediación se tuvo una eficiencia de remoción de contaminantes de la especie *Eichhornia Crassipes* de a 2.46 mgL^{-1} (ppm), 460 mgL^{-1} (ppm) , 50.7 mgL^{-1} (ppm) , 22.16 mgL^{-1} (ppm) y 1.2×10^2 NMP/100mL .
- Se acondicionó el lugar para implementar la técnica fitorremediadora, realizando un adecuado manejo de la especie *Eichhornia Crassipes* en su traslado y adaptación de las condiciones para su posterior crecimiento y

desarrollo de la planta. Esta se adaptó a las condiciones del lugar, este hecho sorprendió ya que las temperaturas óptimas de adaptación son entre 25 a 30 °C, sin embargo en el lugar de estudio las condiciones de temperatura son entre 20 y 15 °C por las noches.

- En el estudio físico químico realizado a la especie *Eichhornia Crassipes* antes y después se obtuvo como resultado de concentración en la raíz sustancias químicas como hierro de 0.4 ppm a 2.4 ppm; manganeso de 0.06 ppm a 1.9 ppm; aluminio de 2 ppm a 4.2 ppm; cobre de 0.20 ppm a 1.2; zinc de 0.9 ppm a 1.9; plomo de 0.01 ppm a 0.03 ppm; selenio de 0.02 ppm a 1.5 ppm; boro de 0.07 ppm a 0.09 y magnesio de 29 ppm a 12 ppm.
- Para el caso de la raíz y del contaminante magnesio obtuvo una baja de 29 ppm a 12 ppm en la concentración, lo que nos deja la duda y nos lleva a pensar diferentes factores ocurridos en el proceso de depuración y además llegamos a la conclusión que influye mucho el espécimen a escoger para dicho análisis.
- Asimismo los estudios físico - químico realizados a la especie *Eichhornia Crassipes* antes y después se obtuvo como resultado de concentración en el tallo las sustancias químicas de hierro de 0.6 ppm a 72.7 ppm; manganeso de 0.08 ppm a 13.8 ppm; aluminio de 3.5 ppm a 56.9 ppm; cobre de 0.15 ppm a 22.4 ppm; zinc de 1.6 ppm a 36.2; plomo de 0.03 ppm a 16.6 ppm; selenio de 0.04 ppm a 2.6 ppm; boro de 0.05 ppm a 11.9 ppm y magnesio de 12 ppm a 86 ppm.
- Asimismo en los estudios físico - químico realizados a la especie *Eichhornia Crassipes* antes y después se consiguió como resultado de concentración en las hojas sustancias químicas como hierro de 0.9 ppm a 15.7 ppm; manganeso de 0.10 ppm a 2.6 ppm; aluminio de 4.8 ppm a 15.6 ppm; cobre de 0.3 ppm a 8.7 ppm ; zinc de 2.1 ppm a 14.6; plomo de 0.04 ppm a 4.8 ppm; selenio de 0.07 ppm a 1.9 ppm; boro de 0.09 ppm a 2.6 y magnesio de 38 ppm a 16 ppm.
- En este caso nuevamente presentamos una baja de 28 ppm a 16 ppm de concentración en las hojas para la sustancia química de magnesio. Por tanto podemos concluir que esta sustancia química no es absorbida por la planta

ni en su raíz ni en sus hojas a comparación del tallo que tuvo una alta absorción de esta sustancia química.

- De los resultados realizados antes y después a la raíz, tallo y hojas se puede concluir que la mayor concentración de metales pesados acumulados se dio en el tallo por lo que se pudo comprobar la capacidad de absorción de la planta.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con las investigaciones de la especie *Eichhornia Crassipes* bajo este modelo y así adaptarlas a los climas más severos que existen en la región para comprobar su efectividad, comportamiento y adaptación.
- Se recomienda realizar una mayor cantidad de análisis con la finalidad de poder realizar una curva de absorción y tener en cuenta los parámetros ambientales.
- Se recomienda perfeccionar la técnica mejorando los materiales para la construcción del estanque, con la finalidad de evitar la pérdida de agua por lixiviación y percolación. Con el mejoramiento de este sistema lograremos también controlar el proceso de reproducción y traslado de la especie para su uso correcto.
- De acuerdo a la información obtenida se recomienda realizar un estudio fisiológico de la especie *Eichhornia Crassipes* con la finalidad de determinar

la tras locación de los metales pesados de la raíz al tallo y posteriormente a las hojas

- Se recomienda realizar un estudio para determinar la razones del porque los metales pesados se almacena en mayor cantidad en el tallo.

BIBLIOGRAFÍA

- Asturnatura.com "Eichhornia crassipes (Mart.) Solms". *Asturnatura.com* [en línea]. Num. 520, 16/03/2015 [consultado el: 29/05/2019]. Recuperado de <<https://www.asturnatura.com/especie/eichhornia-crassipes.html>>. ISSN 1887
- David Bayona (2016). Evaluación De La Capacidad Remediadora De La Especie Eichhornia Crassipes Del Rio Chira Para El Tratamiento De Aguas Servidas En La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales El Indio. Universidad Alas Peruanas Filial Piura, Perú.
- España, J. (2006). Estanques De Jacinto De Agua Especie Eichhornia Para Tratamiento De Residuos Industriales. Universidad Del Valle.
- Fortunato Vidal Méndez melgarejo; Osiris Feliciano Muñoz, (2010) Propuesta De Un Modelo Socio Económico De Decisión De uso De Aguas Residuales Tratadas En Sustitución De Agua limpia Para Áreas Verdes". Universidad Nacional De Ingeniería .Facultad De Ingeniería Económica Y

Ciencias Sociales Sección De Post Grado Maestría En Proyectos De Inversión .Lima Perú 2010

- INEI (Instituto Nacional De Estadística E Informática) 2007. Resultados Censales, www.inei.gob.pe
- Jaramillo, M. Y Flores, (2012). Fitorremediación Mediante El Uso De Dos Especies Vegetales Lemna Minor (Lenteja De Agua), Y Eichhornia Crassipes (Jacinto De Agua) En Aguas Residuales Producto De La Actividad Minera. (Tesis Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Tapia, C (2009). Ensayos De Descontaminación De Aguas Residuales Mediante La Utilización De Plantas Acuáticas. Universidad Técnica Particular De Loja Ecuador.
- Velasco, Andrade, Pérez, Trejo (2003). Zayas Utilización de lirio acuático en la remediación de suelo contaminado con aceite residual.
- Zarela Milagros Garcia Trujillo (2012) Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas Para determinar la eficiencia de remoción de Nutrientes en el tratamiento de aguas residuales Domésticas. Universidad Nacional De Ingeniería. Facultad De Ingeniería Ambiental. Lima Perú

LINCOGRAFÍA

- <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n6/v46n6a7.pdf>
- <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/927/T.EPG-54.pdf?sequence=1>
- http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/5750/1/AtehortuaElizabeth_2013_biomasa_eichhorniacrassipes.pdf
- <https://prezi.com/rxu6p11crm62/primera-tesis-de-eichhornia-crassipes/>

ANEXOS

ANEXO N° 01: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA ANTES DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN



Universidad Nacional de Piura
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



2017

INFORME DE ANÁLISIS N°135-CP-D.A.I.Q.-UNP

SOLICITADO POR MUESTRA	: KARLA ELIZABETH VEGA HIDALGO
PROCEDENCIA	: AGUA RESIDUAL (M1) - ANTES DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN.
NÚMERO DE MUESTRAS	: CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO SANTO DOMINGO,
ANÁLISIS SOLICITADOS	: 01
PROYECTO	: FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
	: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE CONTAMINANTES DEL LIRIO ACUÁTICO - EICHHORNIA CRASSIPES EN LAS DE AGUAS RESIDUALES GRISAS EN EL CASERÍO SAN MIGUEL - DISTRITO DE SANTO DOMINGO - PROVINCIA MORROPÓN - PIURA".
FECHA MUESTREO	: 30 DE MARZO DEL 2017
FECHA DE RECEPCIÓN	: 31 DE MARZO DEL 2017
FECHA DE ANÁLISIS	: 31/03/2017 AL 05/04/2017

RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(LMP) DS.003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO
ACEITES Y GRASAS	mgL ⁻¹ (ppm)	28.15	20	EPA-821-R-001, MET.1669, B
NITRITOS (NO ₂ ⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	18.24	—	SMEWW-4500 NO ₂ ⁻ , B.22nd.Edition
NITRATOS (NO ₃ ⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	63.2	—	SMEWW-4500 NO ₃ ⁻ , B.22nd.Edition
SOLID. TOTAL, SUSPEND	mgL ⁻¹ (ppm)	1200	150	SMEWW-2540 D, 22nd.Edition
DQO (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	662.8	200	SMEWW-5220 - C, 22nd.Edition
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	258.4	100	SMEWW-5210 - B, 22nd.Edition
NITRÓGENO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	26.24	—	SMEWW-4500 N - B, 22nd.Edition
FÓSFORO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	10.56	—	SMEWW-4500 P - E, 22nd.Edition
pH		6.1	6,5 - 8,5	SMEWW-4500 H ⁺ - B, 22nd.Edition
Conductividad (25°C)	µS/cm	3800	—	SMEWW-2510 B, 22nd.Edition
Cloruros (Cl ⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	680	—	SMEWW-4500 Cl ⁻ - B, 22nd.Edition
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	420	—	SMEWW-4500 SO ₄ ²⁻ , E, 22nd.Edit.
Dureza Total	mgL ⁻¹ (ppm)	760	—	SMEWW-2340 C, 22nd.Edition
Hierro (Fe)	mgL ⁻¹ (ppm)	4.2	—	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4
Manganeso (Mn)	mgL ⁻¹ (ppm)	1.7	—	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4
Aluminio (Al)	mgL ⁻¹ (ppm)	10.56	—	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4
Cobre (Cu)	mgL ⁻¹ (ppm)	8.24	—	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4
Zinc (Zn)	mgL ⁻¹ (ppm)	7.3	—	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4
Sodio (Na)	mgL ⁻¹ (ppm)	648	—	EPA-METHOD 200.7, REV 4-4

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	(LMP) DS.033-2010 MINAM	MÉTODO DE REFERENCIA
Coliformes Totales.	NMP/100ml a 35°C	13,2 x10 ¹	—	SM Part. 9221 B 22nd Edition.2012
Coliformes Termotoleran.	NMP/100ml a 44,5°C	11,6 x10 ⁰	10 000	SM Part. 9221 E 22nd Edition.2012
E. Coli.	UFC/100 mL a 44,5°C	1,1 x10 ⁰	—	SM Part. 9221 G.22nd. Edition 2012.
Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	4,2 x10 ³	—	SM Part. 9215 B 22nd Edition.2012
Huevos Helminths.	N° org./L larvas	34	—	Microscopía

PIURA, 06 DE ABRIL DEL 2017



ANEXO N° 02: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA TRES MESES DESPUÉS DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN



Universidad Nacional de Piura
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



2017

INFORME DE ANÁLISIS N°192-CP-D.A.I.Q.-UNP

SOLICITADO POR MUESTRA	: KARLA ELIZABETH VEGA HIDALGO
PROCEDENCIA	: AGUA RESIDUAL (M2). DESPUES DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN.
NÚMERO DE MUESTRAS	: CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO SANTO DOMINGO,
ANÁLISIS SOLICITADOS	: 01
PROYECTO	: FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
	: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE CONTAMINANTES DEL LIRIO ACUÁTICO - EICHHORNIA CRASSIPES EN LAS DE AGUAS RESIDUALES GRISES EN EL CASERÍO SAN MIGUEL - DISTRITO DE SANTO DOMINGO - PROVINCIA MORROPÓN - PIURA";
FECHA MUESTREO	: 01 DE JULIO DEL 2017
FECHA DE RECEPCIÓN	: 01 DE JULIO DEL 2017
FECHA DE ANÁLISIS	: DEL 01 AL 05 DE JULIO DEL 2017

RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(LMP) DS.003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO
ACEITES Y GRASAS	mgL ⁻¹ (ppm)	2.46	20	EPA-821-R-001. MET.1669. B
NITRITOS (NO ₂)	mgL ⁻¹ (ppm)	3.40	—	SMEWW-4500 NO ₂ B.22nd.Edition
NITRATOS (NO ₃)	mgL ⁻¹ (ppm)	56.6	—	SMEWW-4500 NO ₃ B.22nd.Edition
SOLID. TOTAL SUSPEND	mgL ⁻¹ (ppm)	460.0	150	SMEWW-2540 D. 22nd.Edition
DQO (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	50.7	200	SMEWW-5220 - C. 22nd.Edition
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	22.16	100	SMEWW-5210 - B. 22nd.Edition
NITRÓGENO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	3.12	—	SMEWW-4500 N - B. 22nd.Edition
FÓSFORO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	2.82	—	SMEWW-4500 P - E. 22nd.Edition
pH		6.6	6,5 - 8,5	SMEWW-4500 H ⁺ - B. 22nd.Edition
Conductividad (25°C)	µS/cm	2200	—	SMEWW-2510 B. 22nd.Edition
Cloruros (Cl ⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	420	—	SMEWW-4500 Cl ⁻ - B. 22nd.Edition
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	380	—	SMEWW-4500 SO ₄ ²⁻ E. 22nd.Edit.
Dureza Total	mgL ⁻¹ (ppm)	450	—	SMEWW-2340 C. 22nd.Edition
Hierro (Fe)	mgL ⁻¹ (ppm)	2.1	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Manganeso (Mn)	mgL ⁻¹ (ppm)	0.8	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Aluminio (Al)	mgL ⁻¹ (ppm)	6.45	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Cobre (Cu)	mgL ⁻¹ (ppm)	6.32	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Zinc (Zn)	mgL ⁻¹ (ppm)	6.1	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Sodio (Na)	mgL ⁻¹ (ppm)	420	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	(LMP) DS.033-2010 MINAM	MÉTODO DE REFERENCIA
Coliformes Totales.	NMP/100ml a 35°C	6723	—	SM Part. 9221 B 22nd Edition.2012
Coliformes Termotoleran.	NMP/100ml a 44.5°C	1.2x 10 ²	10 000	SM Part. 9221 E 22nd Edition.2012
E. Coli.	UFC/100 mL a 44.5°C	220	—	SM Part. 9221 G.22nd. Edition 2012.
Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	2.5x10 ³	—	SM Part. 9215 B 22nd Edition.2012
Huevos Helmintos.	larvas N° org./L	30	—	Microscopia

PIURA, 06 DE JULIO DEL 2017.

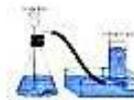
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
C.P.I.Q.
Ing. Felis Ruiz Anton
PRESIDENTE
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS D A I Q
JEFATURA

Página 1 de 1

ANEXO N° 03: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA TRES MESES Y UNA SEMANA DESPUÉS DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN



Universidad Nacional de Piura
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



2017

INFORME DE ANÁLISIS N°198-CP-D.A.I.Q.-UNP

SOLICITADO POR MUESTRA	: KARLA ELIZABETH VEGA HIDALGO
PROCEDENCIA	: AGUA RESIDUAL (M3), DESPUES DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN.
NÚMERO DE MUESTRAS	: CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO SANTO DOMINGO.
ANÁLISIS SOLICITADOS	: 01
PROYECTO	: FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
	: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE CONTAMINANTES DEL LIRIO ACUÁTICO – EICHHORNIA CRASSIPES EN LAS DE AGUAS RESIDUALES GRISAS EN EL CASERÍO SAN MIGUEL – DISTRITO DE SANTO DOMINGO – PROVINCIA MORROPÓN – PIURA”.
FECHA MUESTREO	: 08 DE JULIO DEL 2017
FECHA DE RECEPCIÓN	: 08 DE JULIO DEL 2017
FECHA DE ANÁLISIS	: DEL 08 AL 12 DE JULIO DEL 2017

RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(LMP) DS.003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO
ACEITES Y GRASAS	mgL ⁻¹ (ppm)	1.2	20	EPA-821-R-001. MET.1669. B
NITRITOS (NO ₂ ⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	0.87	—	SMEWW-4500 NO ₂ B. 22nd. Edition
NITRATOS (NO ₃ ⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	12.9	—	SMEWW-4500 NO ₃ B. 22nd. Edition
SOLID. TOTAL SUSPEND	mgL ⁻¹ (ppm)	120	150	SMEWW-2540 D. 22nd. Edition
DQO (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	4.80	100	SMEWW-5220 – C. 22nd. Edition
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	1.89	100	SMEWW-5210 – B. 22nd. Edition
NITRÓGENO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	1.13	—	SMEWW-4500 N – B. 22nd. Edition
FÓSFORO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	0.88	—	SMEWW-4500 P – E. 22nd. Edition
pH		6.8	6,5 - 8,5	SMEWW-4500 H ⁺ – B. 22nd. Edition
Conductividad (25°C)	µS/cm	980	—	SMEWW-2510 B. 22nd. Edition
Cloruros (Cl)	mgL ⁻¹ (ppm)	123	—	SMEWW-4500 Cl – B. 22nd. Edition
Sulfatos (SO ₄ ⁺)	mgL ⁻¹ (ppm)	90	—	SMEWW-4500 SO ₄ ⁻ E. 22nd. Edit.
Dureza Total	mgL ⁻¹ (ppm)	150	—	SMEWW-2340 C. 22nd. Edition
Hierro (Fe)	mgL ⁻¹ (ppm)	1.9	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4-4
Manganeso (Mn)	mgL ⁻¹ (ppm)	0.2	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4-4
Aluminio (Al)	mgL ⁻¹ (ppm)	2.89	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4-4
Cobre (Cu)	mgL ⁻¹ (ppm)	2.8	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4-4
Zinc (Zn)	mgL ⁻¹ (ppm)	1.3	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4-4
Sodio (Na)	mgL ⁻¹ (ppm)	126	—	EPA-METHOD 200.7. REV 4-4

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	(LMP) DS.033-2010 MINAM	MÉTODO DE REFERENCIA
Coliformes Totales.	NMP/100ml a 35°C	1.2X 10 ³	—	SM Part. 9221 B 22nd Edition. 2012
Coliformes Termotoleran.	NMP/100ml a 44.5°C	8X 10 ²	10 000	SM Part. 9221 E 22nd Edition. 2012
E. Coli.	UFC/100 mL a 44.5°C	24	—	SM Part. 9221 G. 22nd. Edition 2012.
Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	1X10 ³	—	SM Part. 9215 B 22nd Edition. 2012
Huevos Helminfos.	larvas N° org./L	8	—	Microscopia

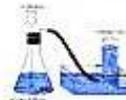
PIURA, 12 DE JULIO DEL 2017



ANEXO N° 04: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA ESPÉCIMEN *EICHHORNIA CRASSIPES* ANTES DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN



Universidad Nacional de Piura
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



2017

INFORME DE ANÁLISIS N°139-CP-D.A.I.Q.-UNP

SOLICITADO POR	: KARLA ELIZABETH VEGA HIDALGO
MUESTRA	: LIRIO ACUÁTICO ANTES DE LA FITORREMEDIACIÓN
PROCEDENCIA	: CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO SANTO DOMINGO.
NÚMERO DE MUESTRAS	: 01
ANÁLISIS SOLICITADOS	: FÍSICOQUÍMICO
PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE CONTAMINANTES DEL LIRIO ACUÁTICO - EICHHORNIA CRASSIPES EN LAS DE AGUAS RESIDUALES GRISAS EN EL CASERÍO SAN MIGUEL - DISTRITO DE SANTO DOMINGO - PROVINCIA MORROPÓN - PIURA".
FECHA MUESTREO	: 30 DE MARZO DEL 2017
FECHA DE RECEPCIÓN	: 30 DE MARZO DEL 2017
FECHA DE ANÁLISIS	: 30/03/2017 AL 05/04/2017

RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS			MÉTODO ENSAYO
		RAIZ	TALLO	HOJAS	
Hierro (Fe)	(ppm)	0.4	0.6	0.9	ICP-MASAS
Manganeso (Mn)	(ppm)	0.06	0.08	0.10	ICP-MASAS
Aluminio (Al)	(ppm)	2	3.5	4.8	ICP-MASAS
Cobre (Cu)	(ppm)	0.20	0.15	0.3	ICP-MASAS
Zinc (Zn)	(ppm)	0.9	1.6	2.1	ICP-MASAS
Plomo (Pb)	(ppm)	0.01	0.03	0.04	ICP-MASAS
Selenio (Se)	(ppm)	0.02	0.04	0.07	ICP-MASAS
Boro (B)	(ppm)	0.07	0.05	0.09	ICP-MASAS
Magnesio (Mg)	(ppm)	29	12	38	ICP-MASAS

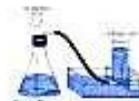
PIURA, 06 DE ABRIL DEL 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Ing. Felicitas Anton
JEFE DEL CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS

ANEXO N° 05: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA ESPÉCIMEN *EICHHORNIA CRASSIPES* DESPUÉS DEL PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN



Universidad Nacional de Piura
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



2017

INFORME DE ANÁLISIS N°196-CP-D.A.I.Q.-UNP

SOLICITADO POR : KARLA ELIZABETH VEGA HIDALGO
 MUESTRA : LIRIO ACUÁTICO DESPUES DE LA FITORREMEDIACIÓN
 PROCEDENCIA : CASERÍO SAN MIGUEL, DISTRITO SANTO DOMINGO.
 NÚMERO DE MUESTRAS : 01
 ANÁLISIS SOLICITADOS : FÍSICOQUÍMICO
 PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE CONTAMINANTES DEL LIRIO ACUÁTICO - EICHHORNIA CRASSIPES EN LAS DE AGUAS RESIDUALES GRISES EN EL CASERÍO SAN MIGUEL - DISTRITO DE SANTO DOMINGO - PROVINCIA MORROPÓN - PIURA".
 FECHA MUESTREO : 08 DE JULIO DEL 2017
 FECHA DE RECEPCIÓN : 08 DE JULIO DEL 2017
 FECHA DE ANÁLISIS : DEL 08 AL 11 DE JULIO DEL 2017

RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS			MÉTODO ENSAYO
		RAIZ	TALLO	HOJAS	
Hierro (Fe)	(ppm)	2.4	72.7	15.7	ICP-MASAS
Manganeso (Mn)	(ppm)	1.9	13.8	2.6	ICP-MASAS
Aluminio (Al)	(ppm)	4.2	56.9	15.6	ICP-MASAS
Cobre (Cu)	(ppm)	1.2	22.4	8.7	ICP-MASAS
Zinc (Zn)	(ppm)	1.7	36.2	14.6	ICP-MASAS
Plomo (Pb)	(ppm)	0.3	16.6	4.8	ICP-MASAS
Selenio (Se)	(ppm)	1.5	2.6	1.9	ICP-MASAS
Boro (B)	(ppm)	0.9	11.9	2.6	ICP-MASAS
Magnesio (Mg)	(ppm)	12	86	16	ICP-MASAS

PIURA, 11 DE JULIO DEL 2017

