

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



TESIS

**“FORESTACIÓN CON PLANTACIONES FORESTALES
COMO ALTERNATIVA PARA EL REÚSO DE AGUAS
RESIDUALES DE LAS LAGUNAS DE OXIDACION DE EI
INDIO. AA.HH EL INDIO PIURA - PERÚ”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
LUIS FELIPE MAJUAN NAIRA**

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

**ASESOR METODOLÓGICO
MAG. CARMEN ALBURQUEQUE ATOCHE**

PIURA – PERÚ

2019

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

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



TESIS

**“FORESTACIÓN CON PLANTACIONES FORESTALES
COMO ALTERNATIVA PARA EL REÚSO DE AGUAS
RESIDUALES DE LAS LAGUNAS DE OXIDACION DE EI
INDIO. AA.HH EL INDIO PIURA - PERÚ”**

LUIS FELIPE MAJUAN NAIRA
BACHILLER, INGENIERÍA AMBIENTAL

MAG. CARMEN ALBURQUEQUE ATOCHE
ASESOR, METODOLÓGICO

2019

PAGINA DE FIRMAS

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“FORESTACIÓN CON PLANTACIONES FORESTALES
COMO ALTERNATIVA PARA EL REÚSO DE AGUAS
RESIDUALES DE LAS LAGUNAS DE OXIDACION DE EI
INDIO. AA.HH EL INDIO PIURA - PERÚ”**

APROBADO EN CONTENIDO Y

ESTILO

MAG. LUIS ÁNGEL VIGNOLO FARFAN

PRESIDENTE

MAG. JORGE LUIS FLORES LOPEZ

MIEMBRO/SECRETARIO

MAG. JUAN MANUEL TUME RUIZ

MIEMBRO

2019

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mi madre, la persona quien siempre me ha apoyado, aconsejado y a quien respeto y admiro mucho, a ella le debo todo lo que estoy logrando. Le agradezco mucho por haberme encaminado de la mejor manera, por darme todo lo que estuvo a su alcance. **¡GRACIAS MAMÁ ELVA!**

AGRADECIMIENTO

Doy un agradecimiento muy especial a mi madre por apoyarme en este proyecto de mi vida.

Agradecer también a mis docentes especialmente a mi asesora por brindarme el apoyo técnico y tiempo para culminar este proyecto de investigación.

INDICE DE CONTENIDO

CARATULA	
PORTADA	
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
INDICE DE CONTENIDOS.....	III
INDICE DE ABREVIATURAS.....	VIII
INDICE DE CUADROS.....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE FOTOGRAFIAS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. Caracterización del problema	1
1.1.2. Definición del Problema	3
1.2. Formulación del Problema	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. Objetivos de la Investigación	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Justificación de la investigación	4
1.4.1. Justificación Teórica	4
1.4.2. Justificación metodológica	5
1.4.3. Justificación Práctica.	5

1.5.	Importancia	6
1.6.	Limitaciones.....	6
CAPÍTULO II.....		7
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN		7
2.1.	Marco referencial	7
2.1.1.	Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.1.2.	Antecedentes Nacionales	9
2.1.2.	Referencias históricas.....	10
2.2.	Marco legal	11
2.3.	Marco conceptual.	14
2.4.	Marco teórico.....	17
2.4.1.	Aguas Residuales.....	17
2.4.1.1.	Diversos orígenes de aguas residuales:	18
2.4.2.	Lagunas de Estabilización.	19
2.4.3.	Fitorremediación	19
2.4.3.1.	Fitorremediación Acuática	20
2.4.4.	Plantaciones Forestales.....	21
2.4.5.	Lenteja de Agua (<i>Lemna minor</i>).....	22
2.4.6.	Reforestación y Forestación	23
2.4.6.1.	Sistema de trazados	24
2.4.7.	Algarrobo (<i>Prosopis pallida</i>).....	25
2.4.7.1.	Descripción	26
2.4.8.	Faique (<i>Acacia macracantha H. et B</i>)	26
2.4.8.1.	Descripción.....	27
2.4.9.	Neem (<i>Azadirachta indica</i>).....	27

2.4.9.1. Descripción	27
2.4.10. Riego por Goteo	28
CAPÍTULO III.....	30
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	30
3.1. Tipo, Nivel.....	30
3.1.1. Tipo de la Investigación	30
3.1.2. Nivel de la Investigación	30
3.2. Método.	31
3.3. Diseño de la Investigación.	31
3.4. Hipótesis de la Investigación.....	31
3.4.1. Hipótesis General	31
3.4.2. Hipótesis Específicas.....	31
3.5. Variables.....	32
3.6. Cobertura del Estudio de Investigación.....	32
3.6.1. Universo.	32
3.6.2. Población.....	32
3.6.3. Muestra.....	32
3.6.4. Muestreo.....	32
3.7. Metodología	33
3.8. Técnicas, Instrumentos y Fuentes de Recolección de Datos.	36
3.8.1. Técnicas de la Investigación.	36
3.8.2. Instrumentos de la Investigación.....	36
3.8.3. Fuentes de Recolección de Datos.	36
3.9. Procesamiento estadístico de la información.	37
3.9.1. Representación.....	37

3.9.2.	Comprobación de la hipótesis	37
	CAPITULO IV	39
	ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
4.1.	Presentación de resultados.	39
4.1.1.	Resultados parciales.	39
4.1.1.1.	Resultados del tratamiento de las aguas residuales de las lagunas de oxidación del indio que serán utilizadas en la forestación.	39
4.1.1.2.	Resultados de la Comparación del desarrollo de las especies forestales <i>Prosopis pallida</i> , <i>Acacia macracantha H. et B.</i> y <i>azadirachta Indica</i> aplicando el agua fitorremediada.....	52
4.1.1.3.	Resultados de la aplicación del sistema de riego por goteo con botella PET en la forestación.	61
4.1.2.	Resultados generales.	68
4.1.2.1.	Propuesta sobre la forestación con plantaciones forestales como alternativa para el reúso de aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio.	68
4.2.	Contrastación de Hipótesis	72
4.3.	Discusión de resultado.....	74
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES	77
	BIBLIOGRAFÍA	78
	ANEXOS	

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

SST	Sólidos Suspendidos Totales
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
Ph	Potencial de Hidrogeno
Cm	Centimetro
M	Metro
L	Litros
°C	Grados Celsius
Ha	Hectárea
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
ANA	Autoridad Nacional del Agua
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PET	Polietileno Tereftalato
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
ZED	Zona Especial de Desarrollo
ATFFS	Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre
ECA	Estándar de calidad ambiental
MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego MINAM Ministerio del ambiente

INDICE DE CUADROS

CUADRO N° 01: PARÁMETROS ECA AGUA CATEGORÍA 3.....	13
CUADRO N° 02:TAXONOMÍA P. pallida.....	25
CUADRO N° 03 :TAXONOMÍA DE LA Acacia macracantha H. et B	26
CUADRO N° 04: TAXONOMÍA DE LA A. indica	27
CUADRO N° 05: COORDENADAS UTM.....	42
CUADRO N° 06: FECHAS DE RECOLECCIÓN DE LENTEJA DE AGUA	47
CUADRO N° 07: BIOMASA PRODUCIDA	48
CUADRO N° 08: COMPARACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE AGUA	51
CUADRO N° 09: CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTA DE LA ESPECIE FORESTAL FAIQUE.....	56
CUADRO N° 10: CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTA DE LA ESPECIE FORESTAL NEEM.....	56
CUADRO N° 11: CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTA DE LA ESPECIE FORESTAL ALGARROBO	56
CUADRO N° 12: CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTA DE LA ESPECIE FORESTAL FAIQUE.....	57
CUADRO N° 13: CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTA DE LA ESPECIE FORESTAL NEEM.....	57
CUADRO N° 14: CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTA DE LA ESPECIE FORESTAL ALGARROBO	57
CUADRO N° 15: CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DE TALLO DE LA ESPECIE FORESTAL FAIQUE	59
CUADRO N° 16: CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DE TALLO DE LA ESPECIE FORESTAL NEEM	59
CUADRO N° 17: CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DE TALLO DE LA ESPECIE FORESTAL ALGARROBO	59
CUADRO N° 18: CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DE TALLO DE LA ESPECIE FORESTAL FAIQUE	60
CUADRO N° 19: CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DE TALLO DE LA ESPECIE FORESTAL NEEM	60

CUADRO N° 20: CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DE TALLO DE LA ESPECIE FORESTAL ALGARROBO	60
CUADRO N° 21: DOSIS DIARIA DE AGUA TRATADA	67
CUADRO N° 22: COSTO DEL MÉTODO POR UNIDAD UTILIZADO EN PLANTACIONES FORESTALES.....	70
CUADRO N° 23: PRECIOS POR PLANTACIONES FORESTALES	70
CUADRO N° 24: MATERIALES COMUNES.....	71
CUADRO N° 25: COSTO TOTAL DE PLANTACIONES FORESTALES.....	71
CUADRO N° 26: COSTO TOTAL DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO	71
CUADRO N° 27: COSTO TOTAL PRESUPUESTADO.....	71

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: ESQUEMA DE UNA DEPURADORA POR LAGUNAJE.	19
FIGURA N° 02: TIPOS DE FITORREMEDIACIÓN	20
FIGURA N° 03: DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DE PLANTACIONES FORESTALES POR REGIONES EN 1995	22
FIGURA N° 04: LENTEJA DE AGUA (<i>L. minor</i>).....	23
FIGURA N° 05 TRAZADO EN TRIÁNGULO O TRESBOLILLO	25
FIGURA N° 06: MODELOS DE REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA	37
FIGURA N° 07: RUTA TRANSPORTE DE LENTEJA	43
FIGURA N° 08: LUGAR DE CAPTACIÓN DE AGUA RESIDUAL	44
FIGURA N° 09: COMPARACIÓN DE DESARROLLO EN ALTURA POR ESPECIE FORESTAL	58
FIGURA N° 10: COMPARACIÓN DE DESARROLLO EN PERÍMETRO POR ESPECIE FORESTAL	61
FIGURA N° 11: SISTEMA DE RIEGO DE RIEGO POR GOTEO	63
FIGURA N° 12: SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	63
FIGURA N° 13: MATERIALES INTERNOS DE RIEGO POR GOTEO	65
FIGURA N° 14: SISTEMA DE MINIMIZACIÓN DE EVAPORACIÓN	66

INDICE DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFÍA N° 01: TRANSPORTE DE AGUA PARA ADAPTACIÓN	40
FOTOGRAFÍA N° 02: ADAPTACIÓN DE <i>L. minor</i>	41
FOTOGRAFÍA N° 03: LAGUNA EXPERIMENTAL.....	42
FOTOGRAFÍA N° 04: COMPARACIÓN DE MASA POR ÁREA	45
FOTOGRAFÍA N° 05: INSTALACIÓN INICIAL DE LENTEJA DE AGUA.....	46
FOTOGRAFIA N° 06: CRECIMIENTO DE <i>L. minor</i>	47
FOTOGRAFÍA N° 07: CÁLCULO DE PERDIDA POR EVAPORACIÓN	49
FOTOGRAFÍA N° 08: SEÑALIZACIÓN DE HOYADURAS	53
FOTOGRAFÍA N° 09: PLANTACIONES DE ESPECIES FORESTALES.....	54
FOTOGRAFÍA N° 10: COLOCACIÓN DE CAPAS DE TIERRA	55
FOTOGRAFÍA N° 11: COLOCACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	66
FOTOGRAFÍA N° 12: SISTEMA Y PLANTACIÓN FINAL	67

RESUMEN

Este proyecto se realizó en el Campus de la Universidad Alas Peruanas Filial Piura, la que consta de tres etapas:

- 1.- Tratamiento de aguas residuales.
- 2.- Forestación.
- 3.- La construcción de un sistema de riego que permita el uso eficiente en la aplicación de aguas tratadas por fitorremediación en plantaciones forestales.

El tratamiento consistió en construir una laguna experimental con medidas de 3 m de largo por 2 m de ancho y 30 cm de profundidad en las cuales se llenó con 1080 Lt de agua residual que fueron transportados del efluente de las lagunas de oxidación de El indio. Para iniciar el tratamiento se colocó inicialmente 950 gramos de *Lemna minor*. o también conocida como lenteja de agua, Al final del proceso habían aumentado a 1879.9 g de *L. minor*, además con los análisis realizados se demostró que se logró tratar el agua residual.

Luego del tratamiento de las aguas residuales se utilizaron las plantaciones forestales *Prosopis pallida*, *Acacia macracantha H. et B.*, *azadirachta Indica* en las cuales se aplicó el agua residual tratada que es el tercer paso que se hizo.

Este tercer paso consistió en plantear un sistema de riego con botellas PET o

plásticas que se adapte a las condiciones del agua residual tratada, por ello se utilizó diferentes tipos de materiales con la finalidad de que la aplicación de agua sea constante, solo con gravedad sin preciso de máquinas de presión de agua como los sistemas técnicos de riego por goteo conocidos.

Al final del estudio se determinó que no se obtuvo efectos adversos en las plantaciones, estas se desarrollaron de forma normal comprobando que el sistema planteado funciona.

ABSTRACT

This project was carried out in the Campus of Alas Peruanas University Filial-Piura in which it has three stages:

- 1.- Sewage treatment.
- 2.- Afforestation.
- 3.- The construction of an irrigation system that allows efficient use in the application of treated water for rehabilitation in forest plantations.

The treatment consisted of building an experimental lagoon with measures of 3 m long by 2 m wide and 30 cm deep in which it was filled with 1080 Lt of wastewater that were transported from the effluent of the oxidation lagoons of El Indio. To start the treatment, 950 grams of *Lemna minor* were initially placed. or also known as duckweed, At the end of the process had increased to 1879.9 g of *L. minor*, in addition to the analyzes performed it was shown that it was possible to treat the wastewater.

Subsequently, the wastewater treatment was used forest plantations *Prosopis pallida*, *Acacia macracantha H. et B.*, *Indica azadirachta* in which treated waste water was applied which is the third step that was made.

This third step consisted in proposing an irrigation system with PET or plastic bottles that adapt to the conditions of the treated wastewater, so it refers to the different types of materials for the purpose of applying constant water, only with seriousness Without the known technical drip irrigation systems.

At the end of the study it was determined that there are no adverse effects on the plantations, these will be developed in a normal way, verifying that the proposed system works.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso muy importante a nivel mundial que es la fuente de vida de los seres humanos y de todo el medio natural que lo rodea, por lo que es un deber cuidar este recurso. Este es imprescindible para la vida humana ya que gracias a ella puede alimentarse, desarrollarse social y económicamente. En el desarrollo de estas actividades se producen residuos a lo que se denomina aguas residuales las cuales pueden ser de diferentes orígenes, aguas residuales provenientes de sectores como los domésticos, industriales o de la naturaleza.

Las aguas residuales son resultado de las actividades mencionadas arriba y que por el crecimiento de la población mundial, cada vez se producen en mayor medida, rebasando las expectativas de los países. Uhlenbrook y Connor (2017) afirman: “afectan al medio ambiente y a todos los seres vivos y, por ello, pueden tener repercusiones directas en las economías maduras y emergentes” (p.9).

Estas aguas residuales representan un gran problema a nivel mundial ya que generan enfermedades a la población circundante por su mal tratamiento y disposición, pero gracias a diferentes tratados internacionales donde se ha tomado conciencia sobre este problema se les brinda tecnología y las facilidades económicas para que los países que no cuentan con los recursos puedan dar un tratamiento adecuado a través de la construcción de infraestructura especializada.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

1.1.1. Caracterización del problema

La ciudad de Piura cuenta con una numerosa cantidad de habitantes que utilizan y desperdician grandes cantidades de agua potable a pesar de ser una ciudad que se ubica en una zona semidesértica con escasas precipitaciones que recarguen acuíferos, también hay que acotar que esta ciudad es una de las más vulnerables ante el mundialmente conocido y poco tomado en cuenta “cambio climático”. La baja cultura de ahorro de agua de su población contribuye al desperdicio de este recurso, sumado a la poca actuación de las autoridades para afrontar el problema, sometiendo a la ciudad a un alto riesgo de desabastecimiento de agua en épocas de sequía.

La generación de aguas residuales en Piura es producida en la satisfacción de las necesidades humanas básicas como es la alimentación, aseo personal y salud.

En la ciudad de Piura no existe una planta de tratamiento sofisticada de aguas residuales que permita su reutilización o devolución a la naturaleza en óptimas condiciones, pero si se cuenta con lagunas de oxidación que son utilizadas en el tratamiento secundario de aguas residuales provenientes de la ciudad, luego de pasar por todos los procesos de esta laguna de oxidación no son aprovechadas de forma correcta. Estas terminaban su vida útil en las lagunas de oxidación, se tiene registro de que se ha construido canales de drenaje que se hicieron improvisadamente para evitar el rebose de la capacidad de las lagunas, también las aguas residuales se pierden por otros procesos naturales como son la evaporación por las altas temperaturas que presenta la ciudad de Piura especialmente en las épocas de verano.

Piura cuenta con varias lagunas de oxidación, generándose otro problema muy grave que implica la salud de la población dado que agricultores que tienen sus parcelas en los alrededores de las lagunas de oxidación utilizan estas aguas residuales para regar sus cultivos, lo cual genera enfermedades en la población que consume estos productos regados con aguas residuales, las enfermedades se generan debido a que el agua al no estar tratada al 100% contiene microorganismos como pueden ser bacteria, hongos o helmintos así como también compuestos químicos complejos que no han logrado degradarse y que entran en los cultivos contaminando a la planta ocasionando un foco infeccioso para la población.

Las aguas residuales así como tienen desventajas en los cultivos también tienen ventajas en estas, debido a que las aguas contienen altas concentraciones de nutrientes como fósforo, nitrógeno, potasio y otros, permitiendo que la planta desarrolle mayor producto.

Las lagunas de oxidación generan un problema adicional cuando se dan altas temperatura los procesos biológicos se aceleran generando malos olores producto de la degradación de la materia orgánica en condiciones anaerobias. Los malos olores producidos generan efectos en la población

cercana ya que el viento en algunas estaciones del año ubica a la ciudad a sotavento de la laguna de oxidación ocasionando un efecto colateral a la población.

1.1.2. Definición del Problema

El problema se centra en la pérdida de aguas y la contaminación producida por las lagunas de oxidación de El Indio las cuales podrían ser aprovechadas en actividades alternas como la irrigación de plantas forestales.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo la forestación con plantaciones forestales puede ser una alternativa para el reúso de aguas residuales de las lagunas de oxidación El Indio. AA.HH El Indio Piura – Perú?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo la realización de un tratamiento en las aguas residuales de las lagunas de oxidación de El indio contribuirá en el riego de plantaciones forestales?
- ¿Cómo el agua fitorremediada influiría en el desarrollo en las plantaciones forestales *Prosopis pallida*, *Acacia macracantha H. et B.* y *azadirachta Indica*?
- ¿Cómo el sistema de riego por goteo con botella PET influirá en la forestación?
- ¿Como la realización de una propuesta para la forestación con

plantaciones forestales podrá plantearse como alternativa para el reúso de aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Proponer la forestación con plantaciones forestales como alternativa para el reúso de aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio, AA.HH El Indio, Piura – Perú.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el tratamiento de las aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio que serán utilizadas en el riego de plantaciones forestales.
- Comparar el desarrollo de las especies forestales *Prosopis pallida*, *Acacia macracantha* H. et B. y *azadirachta Indica* aplicando el agua fitorremediada.
- Aplicar el sistema de riego por goteo con botella PET en la forestación.
- Realizar una propuesta en la forestación con plantaciones forestales para plantearla como alternativa para el reúso de aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación Teórica

La presente investigación se realiza en el marco del Decreto Supremo N°

004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, en la que especifica que las aguas residuales deben ser tratadas antes de su aplicación en plantaciones forestales ya sea agrícolas ornamentales o forestales, esto contribuirá a evitar la proliferación de enfermedades en la población que hagan uso de ellas, todo esto también coincide con los objetivos del D.S. N° 001-2010-AG, Reglamento de la ley de recursos hídricos. Título V; Capítulo VII: Reúso de aguas residuales tratadas; no solo contribuye a cuidar la salud de la población sino también a generar una alternativa económica.

1.4.2. Justificación metodológica

La finalidad es generar conocimiento metodológico que pueda ser utilizado para solucionar el problema de la ciudad de Piura. La metodología que consiste en la utilización de una planta acuática fitorremediadora para tratar aguas residuales provenientes de lagunas de oxidación, esto nos permita la irrigación de tres tipos de plantas forestales, además utilizar un sistema de riego por goteo con botellas PET para usar eficientemente el agua y así determinar su efectividad.

1.4.3. Justificación Práctica.

La investigación se hace por la necesidad que se presenta de reutilizar el agua residual de las lagunas de oxidación de El Indio para así minimizar el impacto que se produce al ser utilizadas estas aguas para irrigar cultivos de terrenos colindantes.

El aporte de esta investigación está relacionado con la reutilización de aguas residuales para que existan opciones que mejoren la calidad de vida de la población piurana, se pretende contribuir no solo con el problema de las enfermedades que se podrían generar sino también para aumentar las plantaciones forestales que se ven afectadas por la tala ilegal, utilizada mayormente para la producción de carbón.

1.5. Importancia

El agua es un recurso muy importante en la ciudad de Piura y se utiliza en la mayoría de las actividades económicas de nuestra región, asimismo se emplea para satisfacer las necesidades básicas es por ello que todo proyecto o actividad encaminada a la buena gestión de este recurso es relevante, especialmente si se refiere al cuidado del agua en su estado natural así como también a la gestión de este cuando ya ha sido utilizado.

Con la realización de este trabajo se pretende reutilizar agua residual de una laguna de oxidación en la forestación de un área del campus de la Universidad Alas Peruanas sede Piura con la finalidad de brindar una alternativa de solución que este dentro del marco de la ley a los problemas relacionados con agua residual de la laguna de oxidación de El indio. Esto podría ser utilizado como un plan piloto para solucionar problemas existentes, no solo en esta laguna sino también de otras lagunas que presenten este mismo problema.

La reutilización de aguas residuales nos permite una eficiencia de uso del agua, minimizando la pérdida de este recurso y aprovechando en su reúso. La forestación utilizando aguas residuales previa fitorremediación es una alternativa que se plantea para minimizar la pérdida de agua y también el uso inapropiado en vegetales.

1.6. Limitaciones

- El lugar de donde se transportó el agua residual hacia la laguna experimental se encontraba a una distancia considerable.
- No se contaba con algunos instrumentos que nos permitan realizar un monitoreo continuo y detallado para así obtener mejores datos para ser analizados.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1.1. Antecedentes Internacionales

✓ Johanna Rosaura Morales Nespud (2009) realizó un trabajo de investigación titulado: **“EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO INICIAL DE CUATRO ESPECIES FORESTALES (*azadirachta indica*, *ziziphus thyrsoiflora*, *prosopis juliflora*, *leucaena leucocephala*) REGADAS CON AGUAS RESIDUALES DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN DE LOS CANTONES SANTA ELENA Y LA LIBERTAD EN LA PROV. DE SANTA ELENA. ECUADOR”**. Trabajo propuesto para darle uso al agua residual proveniente de las lagunas de oxidación del cantón Santa Elena para el riego en vivero de cuatro especies forestales (*azadirachta indica*, *ziziphus thyrsoiflora*, *prosopis juliflora*, *leucaena leucocephala*). Se consideran dos tipos de aguas residuales tratadas por lagunas de

oxidación; una proveniente de la laguna facultativa y otra de la de maduración, además se utiliza como testigo agua potable; teniendo como referencia estudios de otros países en los que se ha usado, sin inconvenientes, este tipo de agua para el riego de forestales.

✓ Eugenio Antonio Bastías Cantuarias (2004) realizó un trabajo de investigación titulado: **“EFECTO DEL RIEGO CON AGUAS SERVIDAS TRATADAS EN ESPECIES VEGETALES ORNAMENTALES. CHILE”**.

Se estableció un ensayo en la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Santiago Poniente, en la Región Metropolitana de Santiago. El ensayo consistió en regar con aguas servidas tratadas durante un año, ejemplares de dos especies arbóreas y una arbustiva de interés ornamental en programas de forestación urbana, sometiendo al grupo control a riego con agua potabilizada mediante cloración, y proveniente de un pozo profundo. Las especies utilizadas en el ensayo fueron: *Cassia closiana* (“quebracho”), *Casuarina stricta* (“casuarina”) y *Schinus molle* (“pimiento boliviano”). Al término del ensayo, se detectaron diferencias estadísticas no significativas en el crecimiento en el diámetro de los ejemplares. En cambio, existe un efecto significativo del factor especie en el incremento del diámetro. En cuanto al análisis estadístico de la altura, existen diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento producidas por el riego con aguas servidas tratadas. Además, sí existe un efecto significativo de la especie en el crecimiento en altura. No obstante los anteriores resultados, los valores de los promedios de los crecimientos en diámetro y en altura experimentan aumentos relativos en el caso de los ejemplares sometidos a riego con aguas servidas tratadas. Asimismo, se midió el contenido de nitrógeno presente en las hojas de los ejemplares sometidos al tratamiento y los del grupo control. Se concluyó que el nitrógeno disponible en las hojas de los ejemplares sometidos a los tratamientos y los del grupo control presenta leve variación entre sí.

2.1.1.2. Antecedentes Nacionales

✓ Zarela Milagros Garcia Trujillo (2012) realizo un trabajo de investigación titulado: “**COMPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE TRES PLANTAS ACUÁTICAS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE NUTRIENTES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**”. En este trabajo se presenta un estudio comparativo acerca de la capacidad depuradora de nutrientes presentes en las aguas residuales, de tres plantas acuáticas flotantes, *Azolla filiculoides*, *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes*; donde sus partes fotosintetizadoras sobre la superficie del agua y sus raíces se extienden hacia abajo dentro de la columna de agua.

El objetivo principal fue determinar si el sistema de reactores con plantas acuáticas remueve nutrientes y observar si es un sistema adecuado y complementario con las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales existentes en nuestro país.

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 *E. 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).

2.1.2. Referencias históricas.

Da acuerdo con el reportaje del Diario Correo (2017) “Con el uso de aguas residuales intentan recuperar un bosque seco de Piura”.

El Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor) del Ministerio de Agricultura y Riego y el establecimiento industrial pesquero Seafrost unen esfuerzos para recuperar las áreas degradadas del bosque seco, a través del uso de aguas residuales que la misma empresa procesa, en la provincia de Paita, región Piura.

Mediante el proyecto se busca recuperar y reforestar con diversas especies forestales de bosque seco como algarrobo, zapote y charán, así como madera de importante valor comercial como caoba y cedro, un área de 40 hectáreas, en la Zona Especial de Desarrollo (ZED) Paita (Piura), ex Ceticos, en la parte alta del puerto paitaño.

La finalidad es convertir las 40 hectáreas desérticas en un bosque, con riego tecnificado y reusando los 700 m³ de aguas residuales tratadas que diariamente la empresa genera, contribuyendo de manera responsable con el medio ambiente.

Las aguas generadas en sus procesos productivos van a una planta de tratamiento central, en donde mediante procesos físicos y químicos reducen la carga orgánica de las aguas, volviéndolas aptas para reforestación; las que luego son bombeadas hacia los campos ubicados a 1.5 Km. de la planta de procesamiento.

La Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre (ATFFS) Piura, oficina descentralizada del SERFOR, contribuirá con el objetivo de Incrementar la cobertura vegetal y crear un pulmón verde en la ciudad, mediante el asesoramiento técnico en las diversas etapas y en la instalación de un vivero forestal para la producción de plántones.

2.2. Marco legal

- ✓ **Constitución política del Perú (1993)**

Como dice la ley en los artículos: Artículo 2° y Artículo 68°.

- ✓ **Ley forestal y de fauna silvestre nº 29763**

Como dice la ley en los artículos: Artículo II, Artículo 10, Artículo 11 y Artículo 111.

- ✓ **Ley General del Ambiente .Ley Nº 28611**

Como dice la ley en los artículos: Artículo 34, Artículo 66, Artículo 67 y Artículo 94.

- ✓ **Ley nº 29338, Ley de Recursos Hídricos Concordancias: D.Leg. Nº 1013, inc. b) del Art. 6 (Funciones generales).**

Como dice la ley en el artículo: Artículo 82°.

- ✓ **D.S. Nº 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos. TÍTULO V; CAPÍTULO VII: Reuso de Aguas Residuales Tratadas**

Como dice la ley en los artículos: Artículo 147°, Artículo 148°, Artículo 149°, Artículo 150°, Artículo 151°, Artículo 152°, Artículo 148°, Artículo 149° y Artículo 150°.

- ✓ **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias DECRETO SUPREMO Nº 004-2017-MINAM**

Como dice la ley en el artículo:

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales. Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido).

- Agua para riego restringido Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

CUADRO N° 01: PARÁMETROS ECA AGUA CATEGORÍA 3

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ ⁻ -N) + Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsenico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	μ g/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	μ g/L	35		35

Organoclorados				
Aldrín	µg/L	0,004	0,7	
Clordano	µg/L	0,006	7	
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001	30	
Dieldrín	µg/L	0,5	0,5	
Endosulfán	µg/L	0,01	0,01	
Endrin	µg/L	0,004	0,2	
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	0,03	
Lindano	µg/L	4	4	
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1	11	
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

2.3. Marco conceptual.

Acuífero. - Norma Técnica de Edificación s.090. (2009) “Formación geológica de material poroso capaz de almacenar una apreciable cantidad de agua” (p.3).

Aeración.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Proceso de transferencia de oxígeno del aire al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido)” (p.3).

Afluente.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento” (p.3).

Bacterias.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Grupo de organismos microscópicos unicelulares, con cromosoma bacteriano único, división binaria y que interviene en los procesos de estabilización de la materia orgánica” (p.4).

Coliformes.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 +/- 0,5 °C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44.5 +/- 0,2 °C en 24 horas se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes)” (p.6).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C)” (p.6).

Demanda química de oxígeno (DQO).- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio” (p.6).

Eficiencia del tratamiento.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje” (p.8).

Efluente.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Líquido que sale de un proceso de tratamiento” (p.8).

Impacto ambiental.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Cambio o efecto sobre el ambiente que resulta de una acción específica” (p.9).

Laguna anaerobia.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Estanque con alta carga orgánica en la cual se efectúa el tratamiento en la ausencia de oxígeno. Este tipo de laguna requiere tratamiento posterior complementario” (p.9).

Oxígeno disuelto.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Concentración de oxígeno solubilizado en un líquido” (p.12).

Parásito.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Organismo protozooario o nematodo que habitando en el ser humano puede causar enfermedades” (p.12).

Planta piloto.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Planta de tratamiento a escala, utilizada para la determinación de las constantes cinéticas y parámetros de diseño del proceso” (p.12).

Proceso biológico.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Asimilación por bacterias y otros microorganismos de la materia orgánica del desecho, para su estabilización” (p.12).

Tratamiento convencional.- Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). “Proceso de tratamiento bien conocido y utilizado en la práctica. Generalmente se refiere a procesos de tratamiento primario o secundario y frecuentemente se incluye la desinfección mediante cloración. Se excluyen los procesos de tratamiento terciario o avanzado” (p.14).

Tratamiento primario.- Braatz y Kandiah (2004). “Es un proceso simple de sedimentación mediante el cual los sólidos orgánicos e inorgánicos se depositan y pueden por lo tanto eliminarse” (p.3).

Tratamiento secundario.- Braatz y Kandiah (2004). “Es el más común en los países industrializados y consiste en la eliminación ulterior del resto de la materia orgánica y de los sólidos en suspensión mediante la utilización de procesos biológicos por ejemplo el metabolismo mediante microorganismos aerobios, principalmente bacterias” (p.3).

Tratamiento terciario.- Braatz y Kandiah (2004). “Es el más sofisticado y costoso; con él se eliminan elementos específicos de las aparas residuales como el nitrógeno, el fósforo, los sólidos en suspensión adicionales. Los metales pesados y los sólidos disueltos” (p.3).

2.4. Marco teórico.

2.4.1. Aguas Residuales

“Las aguas residuales son las resultantes de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo agropecuario, doméstico e industrial, sin que formen parte de productos finales” (CONACYT, 2009, p.4). “Sus características las vuelven inútiles para su uso en los procesos de los que provienen y en otros de diferente índole” (Crites y Tchobanoglous, 2000, p.4).

“Las aguas residuales pueden clasificarse según su procedencia” (Crites y Tchobanoglous, 2000, p.4) “o de acuerdo a sus características propias” (CONACYT, 2009, p.4).

2.4.1.1. Diversos orígenes de aguas residuales:

- **Aguas residuales domésticas o aguas negras:** proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal, de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas. También se les llama aguas servidas, fecales o cloacales. Son residuales, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín cloaca, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector. En algunos sistemas de alcantarillado se mezclan con las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno. (García y Pérez, 1990, p.2)
- **Aguas blancas:** pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, estas pueden evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración. (García y Pérez, 1990, p.2)
- **Aguas residuales industriales:** proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos, grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales. (García y Pérez, 1990, p.2)
- **Aguas residuales agrícolas:** procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en

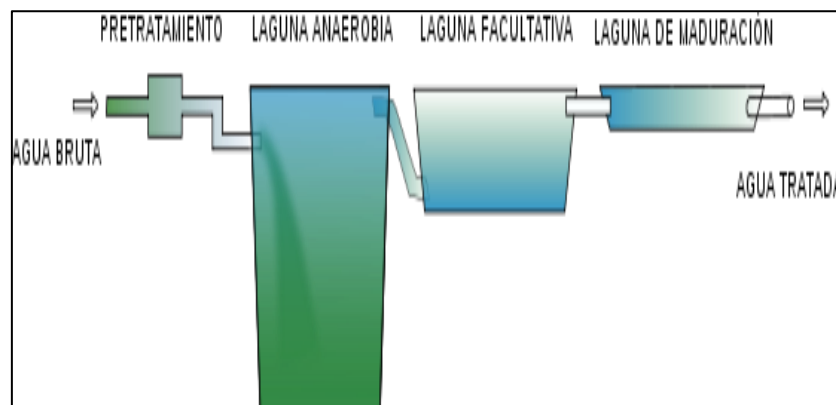
numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo. (García y Pérez, 1990, p.2)

2.4.2. Lagunas de Estabilización.

Las lagunas de estabilización son el método más simple de tratamiento de aguas residuales que existe. Están constituidos por excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra. Generalmente, tienen forma rectangular o cuadrada. Las lagunas tienen como objetivos:

1. Remover de las aguas residuales la materia orgánica que ocasiona la contaminación.
2. Eliminar microorganismos patógenos que representan un grave peligro para la salud.
3. Utilizar su efluente para reutilización, con otras finalidades, como agricultura. (Crites y Tchobanoglous, 2000, p.46)

FIGURA N° 01: ESQUEMA DE UNA DEPURADORA POR LAGUNAJE.



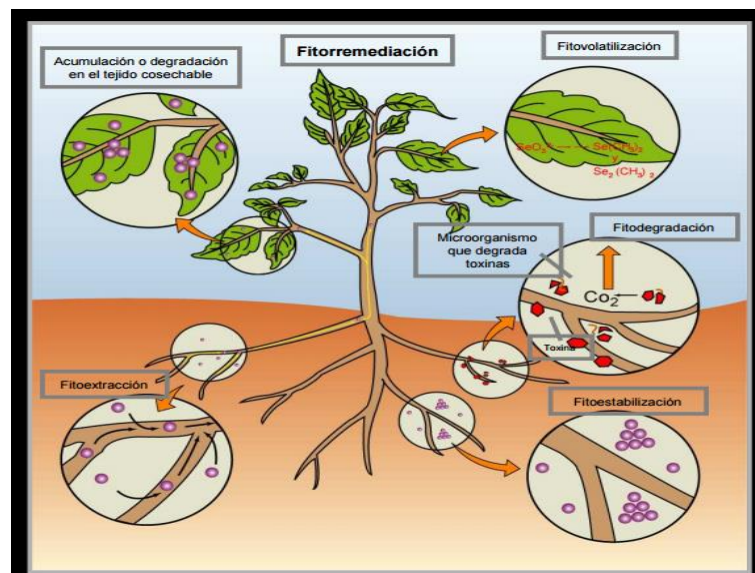
Fuente: Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Lagunaje>.

2.4.3. Fitorremediación

El término fitorremediación hace referencia a una serie de tecnologías que se basan en el uso de plantas para limpiar o restaurar ambientes

contaminados, como aguas, suelos e incluso aire. Es un término relativamente nuevo, acuñado en 1991. Se compone de dos palabras, fito y ta, que en griego significa planta o vegetal y remediar (del latín remediare), que significa poner remedio al daño, o corregir o enmendar algo. Fitorremediación significa remediar un daño por medio de plantas o vegetales. De manera más completa, la fitorremediación puede definirse como una tecnología sustentable que se basa en el uso de plantas para reducir in situ la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, sedimentos, agua y aire, a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a su sistema de raíz que conducen a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de los diversos tipos de contaminantes. (Núñez, Meas, ortega y Olguín, 2004, p.69)

FIGURA N° 02: TIPOS DE FITORREMEDIACIÓN



Fuente: Tipos de Fitorremediación. Recuperado de http://aguas.igme.es/igme/publica/libro33/pdf/lib33/cap_2_b.pdf

2.4.3.1. Fitorremediación Acuática

Tradicionalmente, las plantas vasculares acuáticas han sido consideradas como una plaga en sistemas enriquecidos con

nutrientes. Su rápida proliferación puede dificultar la navegación y amenazar el balance de la biota en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, en la actualidad se considera que estas plantas también pueden ser manejadas adecuadamente y volverse útiles, debido a su capacidad para remover y acumular diversos tipos de contaminantes. Además, su biomasa puede ser aprovechada como fuente de energía, forraje y fibra. Los primeros sistemas de tratamiento de aguas residuales a base de plantas se implementaron en los países europeos a principios de 1960, utilizando juncos o carrizos. Desde entonces, los sistemas de fitorremediación acuática se han perfeccionado y diversificado, y su aceptación y aplicación cada vez es mayor. La fitorremediación acuática tiene la ventaja de que se pueden remover, in situ, diferentes tipos de metales que se hallen con bajas concentraciones en grandes volúmenes de agua. (Núñez, Meas, ortega y Olguín, 2004, p.69)

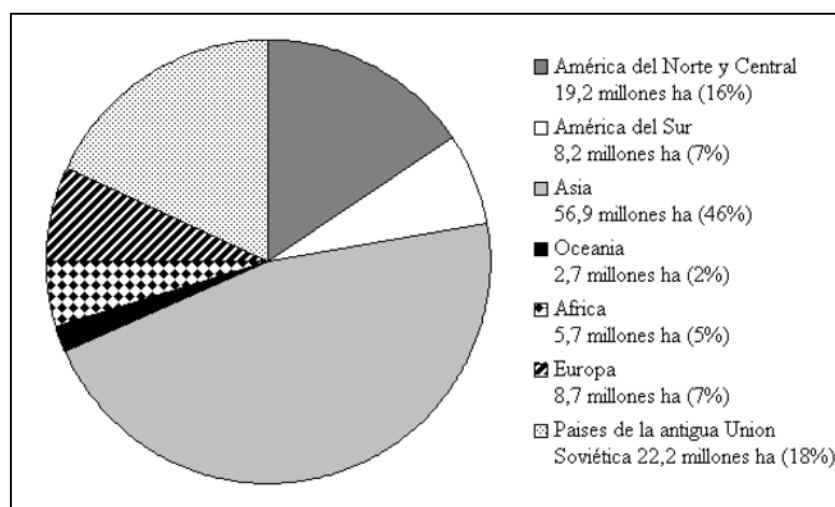
2.4.4. Plantaciones Forestales

Una plantación forestal consiste en el establecimiento de árboles que conforman una masa boscosa y que tiene un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como plantación productiva, fuente energética, protección de zonas agrícolas, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, plantaciones silvopastoriles, entre otras.

Precisamente, ese objetivo es el que también permite determinar la densidad de siembra, los rendimientos y los costos que implicará la plantación, junto con la selección de las especies más adecuadas y su programación para la producción. Pero para que todo esto sea posible es indispensable realizar un estudio previo y cuidadoso de las condiciones naturales en las que se desarrollará la plantación además de la planeación y distribución del área, a fin de asegurar su éxito. Un factor determinante es la calidad genética del material vegetal y buena calidad

de los árboles en vivero. (Trujillo, p.1)

FIGURA N° 03: DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DE PLANTACIONES FORESTALES POR REGIONES EN 1995



Fuente: ONU (2000); Pandey (1997); y FAO (1995a). Distribución mundial de plantaciones forestales por regiones en 1995 [Pintura]. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/004/X8423S/X8423S07.htm>

2.4.5. Lenteja de Agua (*Lemna minor*)

L. minor es una planta angiosperma (plantas con flores), monocotiledónea, perteneciente a la familia Lemnaceae. Su cuerpo vegetativo corresponde a una forma taloide, es decir, en la que no se diferencian el tallo y las hojas. Consiste en una estructura plana y verde y una sola raíz delgada de color blanco. (Arroyave, 2004, p.34)

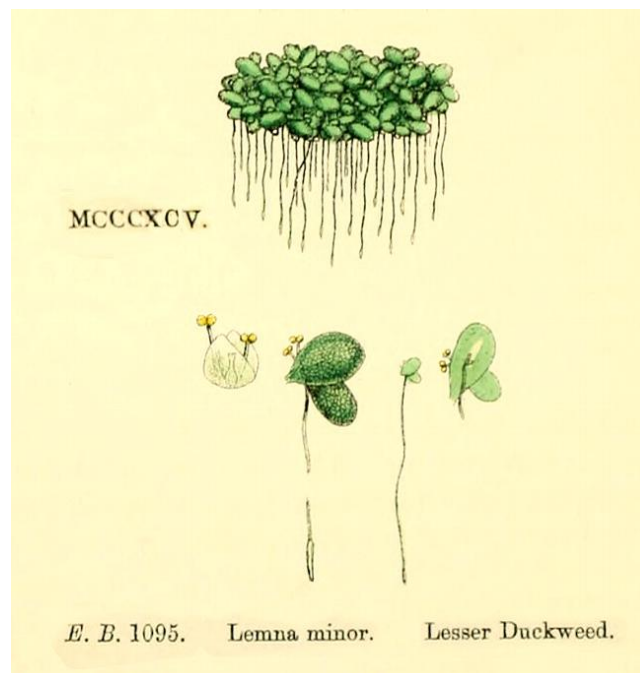
En la misma familia de la lenteja de agua se encuentra Wolffia, reportada como la planta con flores de tamaño más reducido que existe en la tierra; su cuerpo mide solo 0,6 mm de largo y 0,2 mm de ancho y su fruto, que es el más pequeño del planeta, mide solo 0,3 mm de largo y pesa 70 mg (Armstrong, 1996).

La lenteja de agua es una planta monoica, con flores unisexuales. Las flores masculinas están constituidas por un solo estambre y las flores femeninas consisten en un pistilo formado por un solo carpelo. El

periantio está ausente. Las flores nacen de una hendidura ubicada en el borde de la hoja, dentro de una bráctea denominada espata, muy común en las especies del orden arales. El fruto contiene de 1 a 4 semillas (Armstrong 2003, Instituto Gallach, 1984).

La forma más común de reproducción es la asexual por gemación. En los bordes basales se desarrolla una yema pequeña que origina una planta nueva que se separa de la planta progenitora (Instituto Gallach 1984).

FIGURA N° 04: LENTEJA DE AGUA (*L. minor*)



Fuente: Javier Blasco-Zumeta FLORA DE LA RIBERA BAJA DEL EBRO. FAMILIA LEMNACEAE<http://www.riberabaja.es/medio-ambiente/flora.dot>

2.4.6. Reforestación y Forestación

Los dos términos no deben confundirse ya que aunque los dos hacen referencia a la introducción de una masa forestal en una zona determinada, no son sinónimos, así la reforestación consiste en la introducción de especies forestales en terrenos que presentaban en un pasado cercano, una masa forestal de similares características pero, que

quedaron rasos a causa de talas, incendios, vendavales, plagas, enfermedades u otros motivos, por el contrario, el término forestación se diferencia del anterior en que la introducción de las especies forestales se hace en lugares donde soportaban un uso diferente al forestal, principalmente, agrícola. (Ingeniería y Desarrollo Forestal, p.1)

2.4.6.1. Sistema de trazados

“Los trazados más usados son los siguientes: en cuadro, en kinkunce o cinco de oros, en triángulo o tresbolillo, en curvas a nivel, al azar y Lineal” (Nova y Caro 1991, p.11)

Entre los trazados mencionados los más importantes para este estudio está el sistema de triángulo o tresbolillo.

Trazado en triángulo o tresbolillo:

Este sistema llamado también triangulación consiste en sembrar las plantas de manera que ocupen las esquinas de un triángulo de lados iguales.

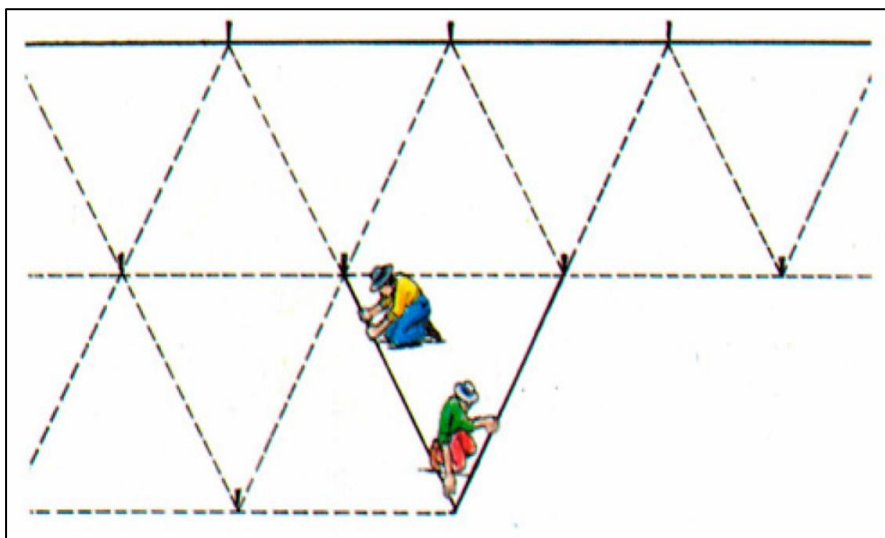
Para trazar en triángulo siga los siguientes pasos:

- ➔ Trace la línea guía de la mayor longitud posible, a través de la pendiente.
- ➔ Si el terreno es ondulado o inclinado empiece por la parte más pendiente.
- ➔ Mida la distancia de siembra sobre toda la línea guía que trazó.
- ➔ Coja dos varas iguales a la distancia de siembra.
- ➔ Coloque la punta de las varas sobre dos puntos trazados sobre la línea guía.
- ➔ Junte los extremos libres de las varas y nos dará un tercer punto.
- ➔ Continúe marcando en la misma forma hasta marcar la segunda

línea de siembra.

- Tome los puntos de la segunda línea de siembra y continúe en el trazo hasta terminar el área de reforestar. (Nova y Caro 1991, p.11).

FIGURA N° 05 TRAZADO EN TRIÁNGULO O TRESBOLILLO



Fuente: Nova, G., Caro, F.(1991). Reforestación de microcuencas.

Recuperado de https://repositorio.sena.edu.co/sitios/reforestacion_microcuencas/reforestacion7.html

2.4.7. Algarrobo (*Prosopis pallida*)

CUADRO N° 02: TAXONOMÍA *P. pallida*

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Fanerógama Magnoliophyta
Clase:	Dicotiledónea Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Mimosoideae
Tribu:	Mimoseae
Género:	Prosopis
Especie:	<i>P. pallida</i>

Fuente: *Prosopis pallida*. https://es.wikipedia.org/wiki/Prosopis_pallida

2.4.7.1. Descripción

Es un árbol espinoso muy invasor. Alcanza 10 m de altura. Su dura madera se usa para hacer muebles y parquetés. La corteza sirve para curtir cueros. La resina de su tronco se usa para teñir.

Tiene alta capacidad de infestación con renovales. Es muy espinoso. Posee flores verdes amarillentas y largas legumbres llenas de pequeñas semillas marrones. Es una planta muy exitosa en propagarse invasivamente, debido a su habilidad de reproducirse de dos maneras: produce grandes cantidades de semillas muy livianas, de fácil dispersión, y se clona produciendo muchas plantas renovales (reproducción vegetativa), compitiendo contra las plantas cercanas al imponerles su sombra. Sobrevive muy bien a la extrema sequedad, debido a sus extremadamente largas raíces. (Wikipedia)

2.4.8. Faique (*Acacia macracantha* H. et B)

CUADRO N° 03 :TAXONOMÍA DE LA *Acacia macracantha* H. et B

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Mimosoideae
Género:	Acacia
Especie:	Acacia macracantha

Fuente: *Acacia macracantha*. https://es.wikipedia.org/wiki/Acacia_macracantha

2.4.8.1. Descripción

A. macracantha es un árbol espinoso que alcanza un tamaño de 4 m de altura, tronco macizo, de color gris oscuro. Hojas con espinas largas y anchas en su base. Flores amarillas, con frutos en forma de vaina. Florece y da frutos en tiempo de lluvias. Se encuentra en los barrancos, dentro y fuera de la población, en los terrenos de siembra, en las cañadas, laderas y cerros. (Wikipedia)

2.4.9. Neem (*Azadirachta indica*)

CUADRO N° 04: TAXONOMÍA DE LA *A. indica*

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Orden:	Sapindales
Familia:	Meliaceae
Género:	<i>Azadirachta</i>
Especie:	<i>Azadirachta indica</i>

Fuente: *Azadirachta indica*. https://es.wikipedia.org/wiki/Azadirachta_indica

2.4.9.1. Descripción

Árbol de rápido crecimiento que puede alcanzar 15 a 20 metros de altura y raramente 35 a 40 m. Tiene abundante follaje todas las temporadas del año, pero en condiciones severas se deshoja, incluso casi completamente. El ramaje es amplio, y puede alcanzar de 15 a 20 m de diámetro ya desarrollado.

El tronco es corto, recto y puede alcanzar 120 cm de diámetro. La corteza es dura, agrietada y de color gris claro hasta castaño rojizo. La

savia es blanca grisácea y el corazón del tronco es rojo; cuando se expone al aire se torna de castaño rojizo. Las raíces consisten de una robusta raíz principal y muy desarrolladas raíces laterales.

El tallo de hojas mide de 20 a 40 cm de longitud, con 20 a 31 hojas verde oscuras de 3 a 8 cm de longitud. La hoja terminal es a menudo faltante. El peciolo es corto. Hojas muy jóvenes son de color rojo o púrpura. La forma de las hojas maduras es menos asimétrico y sus márgenes están dentados. (Wikipedia)

2.4.10. Riego por Goteo

El riego por goteo puede reducir el uso de agua. Un sistema de riego por goteo bien diseñado pierde muy poca agua porque hay poco escurrimiento, evaporación o percolación profunda en suelo limoso. Con el riego por goteo hay menos contacto del agua con el follaje, los tallos y los frutos. Por eso, las condiciones son menos favorables para el desarrollo de enfermedades en las plantas. Con un buen programa de riego que cubre las necesidades de las plantas, es posible aumentar el rendimiento y la calidad de la cosecha.

Los agricultores y profesionales a menudo hablan del “riego por goteo subsuperficial”, RGS. Si la manguera o cinta de riego está instalada bajo la superficie del suelo, hay menos riesgo de que sea dañado debido a la radiación UV o las operaciones de labranza o eliminación de maleza. Con el RGS, se maximiza la eficiencia del riego porque hay poco escurrimiento y evaporación.

La aplicación de productos químicos agrícolas es más eficiente a través del riego por goteo. Debido a que la aplicación de agua está limitada a la zona radicular, es menos probable que el nitrógeno que se encuentra en el suelo se pierda a través de la percolación profunda (lixiviación). Además, el uso de fertilizante es más eficaz, y a menudo es posible

usar menos insecticida. Asegúrese de que la etiqueta del insecticida permite la aplicación a través del riego por goteo. (Shock y Welch, 2013, p.1)

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Tipo, Nivel

3.1.1. Tipo de la Investigación

Es una investigación de tipo aplicada ya que busca generar conocimiento útil que permita aplicarla en la solución de los problemas presentados. Además también busca una secuencia de conocimientos que permitan mejorar la investigación.

3.1.2. Nivel de la Investigación

Es una investigación exploratoria a consecuencia de que es un tema poco tratado, por lo tanto la información de estudios pasados no es muy abundante.

3.2. Método.

Se utilizó un método de investigación experimental ya que se creó modelos, se reprodujeron condiciones que posibilitaron determinar el comportamiento y efectividad del proyecto.

3.3. Diseño de la Investigación.

Fue una investigación con un Diseño transaccional exploratorio. Hernández y Arellano (2013) afirman. “Por lo general se aplica a problemas de investigación nuevos o poco conocidos” (p.4).

3.4. Hipótesis de la Investigación

3.4.1. Hipótesis General

Con la forestación con plantaciones forestales nos permitirá el reúso de aguas residuales de las lagunas de oxidación El Indio. AA.HH El Indio Piura – Perú.

3.4.2. Hipótesis Específicas

- Con el tratamiento de las aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio nos permitirá contribuir en el riego de plantaciones forestales.

- Con la aplicación del agua fitorremediada en las especies forestales *Prosopis pallida*, *Acacia macracantha H. et B.*, *azadirachta Indica*, nos permitirá tener efectos positivos de desarrollo.

- Con la aplicación del agua fitorremediada mediante el sistema de riego por goteo con botella PET nos permitirá mejorar la eficiencia del uso del agua en la forestación.
- Con la realización de una propuesta para la forestación con plantaciones forestales se podrá plantear el reúso de las aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio como una alternativa.

3.5. Variables

→ Variable Independiente

- Forestación.

→ Variable Dependiente

- Reúso de aguas residuales

3.6. Cobertura del Estudio de Investigación

3.6.1. Universo.

Campus de la Universidad Alas Peruanas Filial – Piura.

3.6.2. Población.

15 plantas forestales.

3.6.3. Muestra.

Agua residual de las lagunas de oxidación de El Indio.

3.6.4. Muestreo.

Se realizó dos muestreos uno antes de la introducción de la *L. minor* y otro después del proceso de fitorremediación.

3.7. Metodología

La metodología se desarrolló en tres pasos:

1. – Tratamiento de aguas residuales:

- Se procedió a tomar una muestra de agua de las lagunas de oxidación de El Indio, inmediatamente se procedió a realizar un análisis de laboratorio para saber si el agua cumplía con los estándares de calidad requeridos para el uso en plantas forestales. Se analizaron 22 parámetros entre físicos químicos y biológicos. (Ver anexos N° 12 y 13)

- Los datos obtenidos se compararon con los ECA del agua según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, 2017.

- Los resultados reflejaron que el agua no era apta para el uso en forestación por lo que se procedió a aplicar el proceso de fitorremediación del agua residual de las lagunas de oxidación de El Indio utilizando *L. minor*.

- Se construyó una laguna experimental con dimensiones de 3 m de largo por 2 m de ancho y una profundidad de 30 cm.

- Se transportaron 1080 litros de agua residual de las lagunas de oxidación El Indio en 20 baldes con capacidad de 18 litros cada uno realizándose 3 viajes.

- El lugar donde se extrajo la especie *L. minor* fue el Dren Sullana a la altura de la calle Garcilaso en la ciudad de Piura.

- Se colocó 800 gramos de lenteja de agua en un área de 2 m² de la laguna experimental, este cálculo se realizó separando dos áreas de 0.25 m² pero con diferentes masas de *L. minor* de 50 g y 100 g así verificar que cantidad de masa cubría la totalidad de las áreas planteadas en g/m².

- Se calculó la biomasa total producida de *L. minor* en los 20 días de fitorremediación con la siguiente formula:

$$Biomasa\ total = \left(\sum_{n=1}^n Biomasa\ cosechada \right) - Biomasa\ inicial$$

- Se utilizó el método del cubo para determinar si existía perdida por filtración o evapotranspiración, este método consiste en recortar la parte de la boquilla de una botella de tereftalato de polietileno de 2.5 L dejando la base para ser luego utilizada, esta se colocó dentro de la laguna experimental, en ella se depositó agua residual de la misma laguna hasta que se encuentren al mismo nivel.

- El proceso de fitorremediación duro 20 días y al final se procedió a realizar una toma de muestra para hacer los análisis de laboratorio y determinar la efectividad de la *L. minor* en el agua residual

2.-Plantación de especies forestales:

- Se tenía un área de 625 m² donde se aplicó el método de tresbolillo el cual ubicaba a los plantones en los vértices de un triángulo equilátero con 7 m de distancia de cada lado, utilizando 15 plantones de los cuales 5 eran de *Prosopis pallida*, 5 de *Acacia macracantha H. et B.* y 5 de *azadirachta Indica*.

- En la plantación de las especies forestales se utilizaron hoyos con dimisiones de 30 cm x 30 cm x 30 cm, los plantones provenían del vivero

forestal de la universidad nacional de Piura, todos los plantones tenían 3 meses de desarrollo desde su germinación hasta el momento de su plantación.

- Se realizaron dos etapas para evaluar el desarrollo de las plantas forestales la primera con dos meses de duración con aplicación de agua residual tratada y la segunda con igual duración pero sin aplicación de agua residual tratada o fitorremediada, el desarrollo de las plantaciones se comparó por la altura y el diámetro de tallo de los plantones.

3. - Se diseñó un sistema de riego por goteo mejorado con botellas PET

- El sistema se diseñó para que un litro tenga un rendimiento de 4 horas con goteo contante, el sistema consistió en recortar la base de una botella de 2.5 L utilizando la parte de la boquilla y la tapa. La botella se colocó en 2 soportes de 7 mm de ancho, 4 cm de largo y 50 cm de altura. En la tapa se hizo un hoyo circular de 0.25 mm de diámetro, dentro de la botella se colocaron materiales en el siguiente orden ascendente desde la tapa: una capa de tela, una capa de papel bond, se repite la colocación de una capa de tela, 5 cm de arena, 5 cm de grava media y 5 cm de grava gruesa.

- Se diseñó un sistema con plástico PET para minimizar la evaporación del agua aplicada en los plantones y mejorar la absorción, este sistema cubría un área de 60 cm x 60 cm alrededor de los plantones dejando espacio para la boquilla de la botella, espacio para los plantones y espacio para los soportes.

- Se aplicó el agua tratada en los plantones, dosificandola equitativamente de forma que tenga un rendimiento de dos meses.

3.8. Técnicas, Instrumentos y Fuentes de Recolección de Datos.

3.8.1. Técnicas de la Investigación.

- Observación experimental.- Se observó el desarrollo de las plantaciones forestales y el comportamiento de la *L. minor* en las aguas residuales durante el proceso de fitorremediación.
- Análisis documental.- Se analizaron normas relacionadas al tratamiento de aguas residuales para verificar especificaciones técnicas.

3.8.2. Instrumentos de la Investigación.

- Libreta de campo
- Ficha de registro
- Wincha
- Cinta métrica

3.8.3. Fuentes de Recolección de Datos.

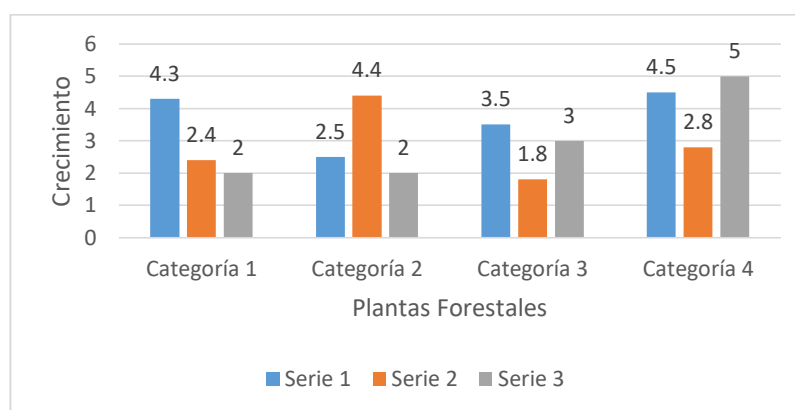
La recolección de datos se tomó de fuentes primarias debido a que de acuerdo a los resultados que se iba obteniendo se analizaban para la interpretación y así llegar a conclusiones que nos describan el éxito o fracaso de nuestro proyecto según los objetivos descritos.

3.9. Procesamiento estadístico de la información.

3.9.1. Representación

La presentación de los resultados estadísticos fue mediante gráficos de columnas.

FIGURA N° 06: MODELOS DE REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA



Fuente: propia

3.9.2. Comprobación de la hipótesis

Hipótesis específica 1.- Si realizo el tratamiento de las aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio contribuiré en el riego de plantaciones forestales.

Como se lograra:

Tratando las aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio.

Hipótesis específica 2.- Si aplico el agua fitorremediada en las especies *Prosopis pallida*, *Acacia macracantha H. et B.*, *azadirachta Indica* tendre efectos positivos de desarrollo.

Como se logrará:

- Plantando las especies forestales para la aplicación de agua fitorremediada.

Hipótesis específica 3.- Si utilizo la técnica de riego por goteo con botellas de plástico lograré aplicar eficientemente el agua residual fitorremediada o tratada de las lagunas de oxidación de El indio.

Como se logrará:

- Diseñando y utilizando el sistema de riego por goteo.

Hipótesis específica 4.- Si realizo una propuesta para la forestación con plantaciones forestales se podrá plantear como alternativa para el reúso de aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio.

Como se logrará:

Desarrollando una propuesta que describa series de pasos a seguir.

CAPITULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados.

4.1.1. Resultados parciales.

4.1.1.1. Resultados del tratamiento de las aguas residuales de las lagunas de oxidación del indio que serán utilizadas en la forestación.

A) Adaptación

Se debe tener en cuenta que antes de aplicar tratamiento el cual consiste en la fitorremdiación utilizando la especie *L. minor*, la planta se debía de adaptar para verificar su comportamiento y así comprobar la resistencia de la especie *L. minor* a las aguas residuales que se iban a tratar.

La adaptación consistió en transportar 18 L de agua residual de la laguna de oxidación de El Indio, a la misma vez también recolectar 40 g de lenteja de agua y transportarlos hacia una sede de prueba donde se depositaron los 18 L en un recipiente de PET con capacidad de 40 L para luego introducir la lenteja de agua.

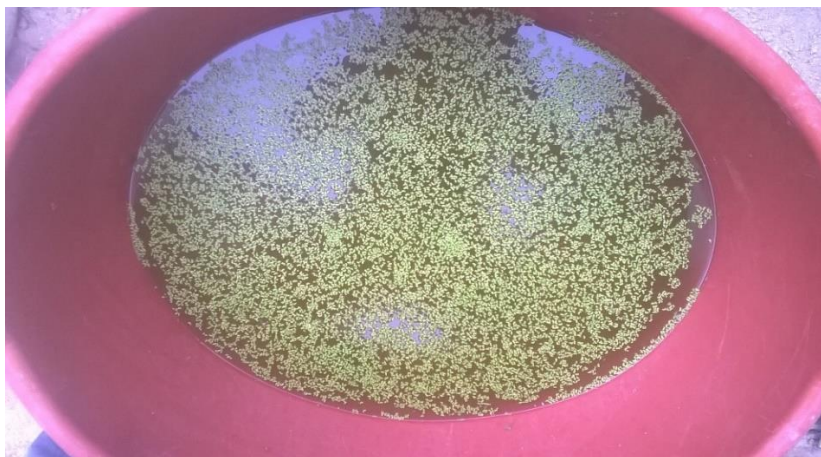
FOTOGRAFÍA N° 01: TRANSPORTE DE AGUA PARA ADAPTACIÓN



Fuente: propia

El periodo de adaptación fue de 12 días donde se pudo determinar que el espécimen evaluado no experimento cambios negativos observándose rápido crecimiento, comprobando de esta manera que la especie esta apta para ser utilizada en el tratamiento de aguas residuales.

FOTOGRAFÍA N° 02: ADAPTACIÓN DE *L. minor*



Fuente: propia

B) Construcción de Laguna

B.1. Limpieza del terreno

Se acondicionó el terreno para la construcción de la laguna experimental mediante la eliminación de maleza teniendo especial cuidado con la especie *Tribulus terrestris* (abrojo) las cuales generan frutos con armazón rígido y espinas que dañarían el plástico PEAD utilizado como geomembrana para evitar pérdida de agua por filtración.

B.2. Construcción

La laguna experimental comprendió dimensiones de 3 m de largo por 2 m de ancho y una profundidad de 30 cm para una capacidad de 1800 L. Para que el tratamiento del agua residual de la laguna de oxidación sea efectiva la construcción de la laguna experimental se hizo de poca profundidad para permitir que el sistema radicular de la lenteja de agua pueda extraer la mayor cantidad de carga orgánica contaminante y además permita mayor oxigenación que facilite el proceso de fitorremediación.

FOTOGRAFÍA N° 03: LAGUNA EXPERIMENTAL



Fuente: propia

C) Tratamiento

C.1. Recolección y transporte de lenteja de agua

Se verificaron diferentes zonas de la ciudad para encontrar la especie *L. minor*, el lugar donde se encontró la especie con mejores condiciones fue el Dren Sullana a la altura de la calle Garcilaso de la Vega localizada con las coordenadas (Ver cuadro N° 05). En esta zona se pudo observar que la planta crecía sin presencia de otras especies que dificultasen su recolección además su morfología indicaba que eran una población vigorosa a diferencia de otros puntos de observación.

CUADRO N° 05: COORDENADAS UTM

NORTE	ESTE
9424702	540442

Fuente: Google Earth

FIGURA N° 07: RUTA TRANSPORTE DE LENTEJA



Fuente: Google Earth

Se procedió a la recolección con la ayuda de un mango extensible y un recipiente en uno de los extremos especialmente acondicionado para la extracción de la *L. minor*. Luego se colocaron en bolsas (PEAD) para su transporte, se debe tener en cuenta que para evitar mortandad de las plantas se adicionó agua del mismo lugar de recolección siendo transportadas inmediatamente al lugar de experimentación.

C.2. Descripción de Proceso de Fitorremediación

Para cumplir con el objetivo central del proyecto se trató el agua residual de la laguna de oxidación de “El Indio”. Así, la normativa peruana exige que el agua debe cumplir ciertos parámetros antes de ser aplicada, en nuestro caso para la irrigación de plantaciones forestales, las cuales se encuentra dentro de la categoría 3 Subcategoría D1 en agua para riego restringido según la norma mencionada (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, 2017)

FIGURA N° 08: LUGAR DE CAPTACIÓN DE AGUA RESIDUAL



Fuente: Google earth

Se recolecto agua de la laguna de oxidación en baldes de plástico con capacidad de 18 litros cada uno, transportando una totalidad de 1080 litros de agua residual vertiéndose esta en la laguna acondicionada.

El proceso de Fitorremediación tuvo una duración de 20 días desde que se inició el proceso hasta su cosecha de la lenteja de agua y la recolección del agua para su posterior reutilización en riego de plantas forestales.

Para la obtención de los resultados se basaron en análisis de agua al inicio del proceso de fitorremediación, es decir, desde que se instaló la lenteja de agua y otro análisis al final de los 20 días del proceso de fitorremediación, adicionalmente a esto también se pesó la lenteja de agua desde su instalación hasta la extracción al final del proceso.

Para comprobar el área que ocuparía la lenteja de agua en g/m² se adecuaron dos áreas de 0.25 m² cada una y se instalaron 50 y 100 g

de lenteja respectivamente, se pudo observar que esta última ocupó casi la totalidad del área, en promedio se calculó que la lenteja de agua ocupa un área de 400 g/m².

FOTOGRAFÍA N° 04: COMPARACIÓN DE MASA POR ÁREA



Fuente: propia

Para iniciar el tratamiento con la lenteja de agua se hizo la separación de un tercio del área total de la laguna donde se colocaron 800 g de lenteja de agua. El área donde se instalaron la lenteja de agua equivale a 2 m², adicionales a los que ya se había instalado con anterioridad por lo que nos da un total de 950 g de lenteja.

FOTOGRAFÍA N° 05: INSTALACIÓN INICIAL DE LENTEJA DE



Fuente: propia

Hay que acotar que el área de distribución de la lenteja puede variar debido al tamaño de la misma, condiciones ambientales del lugar y la dirección del viento. En nuestro caso la laguna experimental se construyó al aire libre para asemejar las condiciones ambientales como base para futuras aplicaciones.

C.3 Resultados de Fitorremediación

Biomasa

Durante el proceso de fitorremediación se observó que la lenteja de agua se desarrolló rápidamente en la etapa inicial debido a la gran sobrecarga de nutriente que contenía el agua residual disminuyendo progresivamente con el tiempo ya que el agua se iba purificando, por ello que los días de recolección no fueron establecidos, estos se iban estableciendo de acuerdo a los días que tardaba la lenteja en cubrir la totalidad del área (Ver cuadro N° 06).

FOTOGRAFIA N° 06: CRECIMIENTO DE *L. minor*



Fuente: propia

CUADRO N° 06: FECHAS DE RECOLECCIÓN DE LENTEJA DE AGUA

N°	FECHA	CANTIDAD
1	22-09-2017	1,050 g
2	27-09-2017	700 g
3	29-09-2017	650 g
4	03-10-2017	375 g
TOTAL		2775 g

Fuente: propia

Como se observa al final del proceso se sumó todas las cantidades pesadas, pero hay que recordar que se puso una biomasa inicial por lo que debe ser restada.

$$Biomasa\ total = \left(\sum_{n=1}^n Biomasa\ cosechada \right) - Biomasa\ inicial$$

CUADRO N° 07: BIOMASA PRODUCIDA

Biomasa inicial instalada	Biomasa final extraída	Biomasa total producida
950 g	2 775 g	1825 g

Fuente: propia

Se observa que la cantidad de biomasa que aumento producto de tratamiento fue de 1825 g que es muy considerable teniendo en cuenta el tamaño y el peso promedio de cada planta.

Análisis de agua

Para determinar si se logró reducir los niveles de contaminación del agua residual por medio de nuestro proceso de fitorremediación se hicieron análisis de agua los cuales fueron:

- Análisis inicial: 11 de septiembre del 2017. (Ver anexo N° 12)
- Análisis final: 2 de octubre del 2017. (Ver anexo N° 13)

Los resultados del análisis fueron satisfactorios demostrando que la lenteja de agua había tratado el agua residual.

Pérdidas de agua residual

Desde que se transportó el agua residual se tuvo en cuenta que se perdería agua por evaporación o por infiltración, en el caso de la infiltración se había solucionado con la colocación de una geomembrana la cual tenía una eficiencia del 100 %.

Esto se comprobó mediante la prueba del cubo que consiste en la utilización de una botella de tereftalato de polietileno, se recortó la parte de la boquilla dejando la parte de la base, luego se marcó

medidas para precisar la cantidad de evaporación, cuando se hizo esto se colocó dentro de la laguna experimental y se colocó agua de la misma, hasta que el agua que este dentro de la botella este al mismo nivel que el que está afuera. Este proceso nos indicó que las pérdidas por filtración eran nulas ya que siempre se mantuvieron al mismo nivel tanto fuera como dentro.

FOTOGRAFÍA N° 07: CÁLCULO DE PERDIDA POR EVAPORACIÓN



Fuente: propia

Caso contrario fue la evapotranspiración ya que se calculó una pérdida promedio de 1 cm de altura de agua al día que equivale a 60 litros/día que se perdía producto de la excesiva radiación solar.

Para minimizar la evapotranspiración por la incidencia directa de los rayos de sol se procedió a la construcción de una cubierta de protección sobre la laguna. Donde se determinó que el centímetro diario que se perdía se redujo en promedio a 0.5 cm/día que equivale a una pérdida de 30 litros/día.

Hay que tener en cuenta que la cantidad de agua evapotranspirada puede variar debido a las condiciones climáticas diarias entre los días

que había sol y los que había sombra o ambos en el mismo día. Al final del proceso se calculó que se había evapotranspirado 683 litros quedando 397 para el uso en las plantaciones forestales.

Resultados de los análisis de agua del proceso de tratamiento.

Para contribuir a la investigación se analizaron 22 parámetros entre físicos, químicos y biológicos ya que según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, 2017, sobre ECA agua, en plantaciones forestales solo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Los análisis de laboratorio dieron como resultados que la efectividad de la planta *L. minor* es buena fitorremediadora con las condiciones climáticas de la ciudad de Piura, Al comparar los análisis de entrada con los de salida (Ver cuadro N° 15) se puede observar que se redujeron en gran medida la concentración de contaminantes en el agua residual.

CUADRO N° 08: COMPARACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE AGUA

RESULTADOS FISICOQUIMICOS				
DETERMINACIÓN DE MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADO DE ANÁLISIS DE ENTRADA	RESULTADO DE ANÁLISIS DE SALIDA	(ECA) D.S N° 004-2017-MINAM
Aceites y grasa	mg ⁻¹ (ppm)	30.28	4	5
Nitritos(No ₂ -)	mg ⁻¹ (ppm)	18.23	9	10
Nitratos(No ₃ -)	mg ⁻¹ (ppm)	65.32	18	
Solid.Total. Suspend	mg ⁻¹ (ppm)	420	60	
DQO(mgo ₂ /l)	mg ⁻¹ (ppm)	600	30	40
DBO ₅ (mgo ₂ /l)	mg ⁻¹ (ppm)	280	13	15
Fosforo total	mg ⁻¹ (ppm)	6.32	4.6	
PH	Unidad	6.0	6.8	6,8 – 8,5
Conductividad (25°C)	Ms/cm	4800	1200	2500
Cloruros (Cl ⁻)	mg ⁻¹ (ppm)	520	280	500
Sulfatos (So ₄ -)	mg ⁻¹ (ppm)	480	450	10000
Mercurio (Hg)	mg ⁻¹ (ppm)		<0.001	0.001
Hierro (Fe)	mg ⁻¹ (ppm)	4.2	3.8	5
Manganeso (Mn)	mg ⁻¹ (ppm)	1.9	0.012	0.2
Níquel (Ni)	mg ⁻¹ (ppm)		0.010	0.2
Cobre (Cu)	mg ⁻¹ (ppm)	4.89	0.008	0.2
Zinc (Zn)	mg ⁻¹ (ppm)	3.69	1.2	2
Plomo (Pb)	mg ⁻¹ (ppm)		0.02	0.05
Selenio (Se)	mg ⁻¹ (ppm)		0.01	0.02
RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS				
coliformes termotolerantes	NMP/100ml a 44.5°C	18.23 x 10 ³	0.6x 10 ³	1000
E. coli	UFC/100ml a 44.5°C	4.5 x 10 ³	0.2 x 10 ³	1000
Huevos de helmintos	Huevo/L	26	0	1

Fuente: centro de productivo de bienes y servicios departamento académicos de Ingeniería Química

4.1.1.2. Resultados de la Comparación del desarrollo de las especies forestales *Prosopis pallida*, *Acacia macracantha* H. et B. y *azadirachta Indica* aplicando el agua fitorremediada.

A) Ubicación

El área donde se desarrolló la investigación fue la parte posterior de la universidad Alas Peruanas Filial – Piura, exactamente en la Huerta Xiomara debido a que es un área semidesértica considerada como un lugar adecuado para probar la efectividad del agua residual tratada.

B) Medición del Terreno

Este terreno tiene una ligera pendiente por lo que se escogió la técnica de tresbolillo para lo cual dependiendo del terreno y la distancia que se desee usar se utilizó una fórmula que nos permitió determinar el número de plantaciones forestales que se debe usar.

$$N = \frac{At}{d^2} * 1.154$$

Donde:

N= Número de plantas

At= Área total

d2= Distancia entre plantas

1.154= Constante

El terreno que se utilizó para la reforestación es de 625 m² por lo que se decidió darle una distancia de 7 metros a lo cual utilizando la fórmula anterior se obtuvo el siguiente resultado:

$$N = \frac{625 \text{ m}^2}{(7 \text{ m})^2} * 1.154$$

N=14.7

Este resultado nos arroja un número decimal y como el recurso que se va a utilizar no se puede fraccionar se debe redondear dándonos un resultado de 15 plantas que deberían utilizarse en la reforestación. Se midió el terreno y así se empezó a distribuir los triángulos equiláteros que se forman con el método de tresbolillo de 7 m cada lado y 5.5 m si se trazara una línea por la mitad del triángulo, se midió cada lado incluso el de la mitad para asegurarse que la distribución sea la correcta, aquellos lugares donde se presentaban dificultades para la hoyadura se acondicionó con nueva tierra, con la finalidad de que no se afecte la metodología ni a la plantación.

FOTOGRAFÍA N° 08: SEÑALIZACIÓN DE HOYADURAS



Fuente: propia

C) Reforestación

Para el proceso de reforestación se utilizarán las especies forestales *Prosopis pallida*, *Acacia macracantha H. et B.* y *azadirachta indica* que fueron adquiridas de un vivero local, según la fórmula utilizada el número de especies a plantar fueron 14.7 que equivale a 15 plantas.

Se excavaron hoyos con las dimensiones. Calle (2012) afirma “30 cm x 30 cm x 30 cm” (p.54). Luego se procedió a sembrar las plantas forestales, se utilizó las mismas dimensiones para los tres tipos de plantas, el terreno donde se plantó tenía una textura arenosa por lo que hubo la necesidad de mezclar abono orgánico en concentración. Román, Martínez y Pantoja (2013) afirman “20%-50%” (p.42). Para mejorar la calidad del suelo y facilitar el desarrollo de las plantaciones. La planta debía quedar correctamente recta para evitar daños y mal crecimiento de la misma, también a las plantas que por su tamaño, peso y fuertes vientos de la zona fueron cediendo e inclinándose, se procedió a apoyarla en el mismo sistema de riego por goteo que se implementó, posteriormente, y así sirva como guía para que la planta crezca verticalmente recta.

FOTOGRAFÍA N° 09: PLANTACIONES DE ESPECIES FORESTALES



Fuente: propia

FOTOGRAFÍA N° 10: COLOCACIÓN DE CAPAS DE TIERRA



Fuente: propia

Resultados de efectividad en las plantaciones forestales

Con la finalidad de determinar si el sistema sirvió para reutilizar las aguas residuales tratadas en las plantaciones forestales sin afectar su crecimiento y esto demuestre no solo la factibilidad sino la viabilidad de este proyecto, se realizó una comparación mediante dos etapas la primera con dos meses de duración con aplicación de agua tratada y la segunda con dos meses de duración después de la primera, sin aplicación de agua tratada.

A.-ALTURA DE PLANTA

Con aplicación de agua tratada:

CUADRO N° 09: CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTA DE LA ESPECIE FORESTAL FAIQUE

	Faique 1	Faique 2	Faique 3	Faique 4	Faique 5
	Cm				
Altura inicial	35.9	46	30.8	40.5	68.1
Altura final	37	47.3	32.4	42.2	69
Crecimiento Promedio de crecimiento	1.1	1.3	1.6	1.7	0.9
	1.32				

Fuente: propia

CUADRO N° 10: CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTA DE LA ESPECIE FORESTAL NEEM

	Neem 1	Neem 2	Neem 3	Neem 4	Neem 5
	Cm				
Altura inicial	55.4	52.2	41.2	30	31.4
Altura final	60.5	56	46	31.5	34.1
Crecimiento Promedio de crecimiento	5.1	3.8	4.8	1.5	2.7
	3.58				

Fuente: propia

CUADRO N° 11: CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTA DE LA ESPECIE FORESTAL ALGARROBO

	Algarr.1	Algarr.2	Algarr.3	Algarr.4	Algarr.5
	Cm				
Altura inicial	92.3	68.4	98.7	84.8	76
Altura final	97.8	72.2	104.6	89.1	81.3
Crecimiento Promedio de crecimiento	5.5	3.8	5.9	4.3	5.3
	4.96				

Fuente: propia

Sin aplicación de agua tratada:

CUADRO N° 12: CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTA DE LA ESPECIE FORESTAL FAIQUE

	Faique 1	Faique 2	Faique 3	Faique 4	Faique 5
	cm				
Altura inicial	37	47.3	32.4	42.2	69
Altura final	37.7	47.9	33.5	42.5	70
Crecimiento Promedio de crecimiento	0.7	0.6	0.1	0.3	1
	0.54				

Fuente: propia

CUADRO N° 13: CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTA DE LA ESPECIE FORESTAL NEEM

	Neem 1	Neem 2	Neem 3	Neem 4	Neem 5
	cm				
Altura inicial	60.5	56	46	31.5	34.1
Altura final	60.9	57.3	47.7	32	35
Crecimiento Promedio de crecimiento	0.4	1.3	1.7	0.5	0.9
	0.96				

Fuente: propia

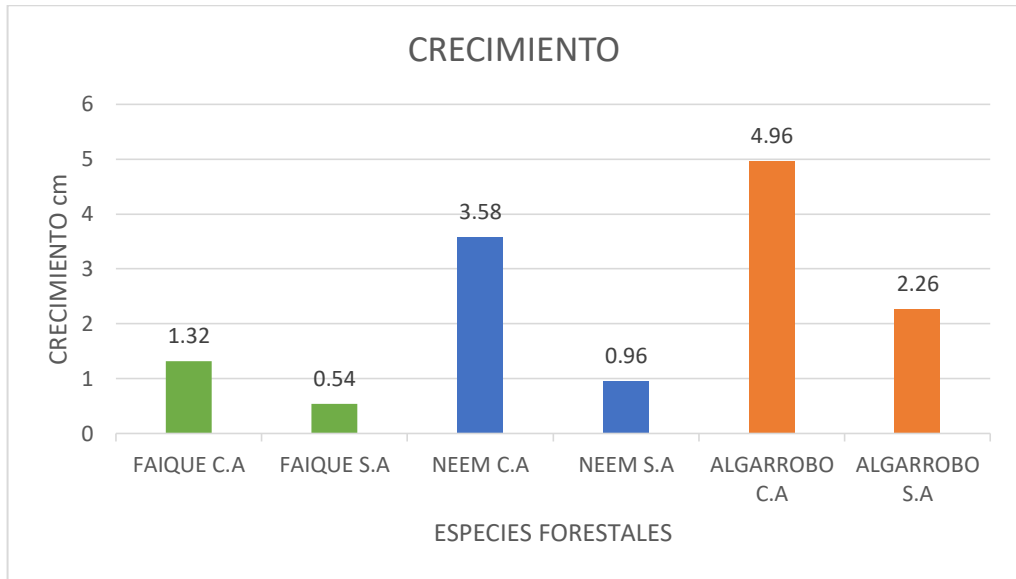
CUADRO N° 14: CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTA DE LA ESPECIE FORESTAL ALGARROBO

	Algarr.1	Algarr.2	Algarr.3	Algarr.4	Algarr.5
	cm				
Altura inicial	97.8	72.2	104.6	89.1	81.3
Altura final	99.5	76	106.3	90.5	83
Crecimiento Promedio de crecimiento	2.7	3.8	1.7	1.4	1.7
	2.26				

Fuente: propia

Grafico

**FIGURA N° 09: COMPARACIÓN DE DESARROLLO EN ALTURA
POR ESPECIE FORESTAL**



Fuente: propia

C.A: Con aplicación de agua tratada

S.A: Sin aplicación de agua tratada

Como se puede observar en el gráfico con la aplicación de la metodología la planta tenía mejor desarrollo con respecto a la altura de las plantas forestales a diferencia de cuando se dejó de aplicar el agua residual, esto nos demuestra que la metodología es efectiva ya que no afectó el desarrollo de la planta siendo una alternativa viable de ejecutar.

B.-PERÍMETRO DE TALLO

Con aplicación de agua tratada:

CUADRO N° 15: CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DE TALLO DE LA ESPECIE FORESTAL FAIQUE

	Faique 1	Faique 2	Faique 3	Faique 4	Faique 5
	cm				
Tallo inicial	1.4	1.6	1.7	2	2.7
Tallo final	2.1	2.2	2.4	2.9	3.2
Crecimiento Promedio de crecimiento	0.7	0.6	0.7	0.9	0.5
	0.68				

Fuente: propia

CUADRO N° 16: CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DE TALLO DE LA ESPECIE FORESTAL NEEM

	Neem 1	Neem 2	Neem 3	Neem 4	Neem 5
	cm				
Tallo inicial	2.3	1.6	2.3	0.8	1.3
Tallo final	3.3	2.7	3.2	1.7	2.1
Crecimiento Promedio de crecimiento	1	1.1	0.9	0.9	0.8
	0.94				

Fuente: propia

CUADRO N° 17: CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DE TALLO DE LA ESPECIE FORESTAL ALGARROBO

	Algarr.1	Algarr.2	Algarr.3	Algarr.4	Algarr.5
	cm				
Tallo inicial	1.2	1.1	0.8	0.7	1.7
Tallo final	2.6	2.2	2.4	2.4	3.4
Crecimiento Promedio de crecimiento	1.4	1.1	1.6	1.7	1.7
	1.5				

Fuente: propia

Sin Aplicación de agua tratada:

**CUADRO N° 18: CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DE TALLO DE LA
ESPECIE FORESTAL FAIQUE**

	Faique 1	Faique 2	Faique 3	Faique 4	Faique 5
	cm				
Tallo inicial	2.1	2.2	2.4	2.9	3.2
Tallo final	2.1	2.3	2.4	3	3.4
Crecimiento Promedio de crecimiento	0	0.1	0	0.1	0.2
	0.08				

Fuente: propia

**CUADRO N° 19: CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DE TALLO DE LA
ESPECIE FORESTAL NEEM**

	Neem 1	Neem 2	Neem 3	Neem 4	Neem 5
	cm				
Tallo inicial	3.3	2.7	3.2	1.7	2.1
Tallo final	3.4	3.2	3.9	1.9	2.4
Crecimiento Promedio de crecimiento	0.1	0.5	0.7	0.2	0.3
	0.36				

Fuente: propia

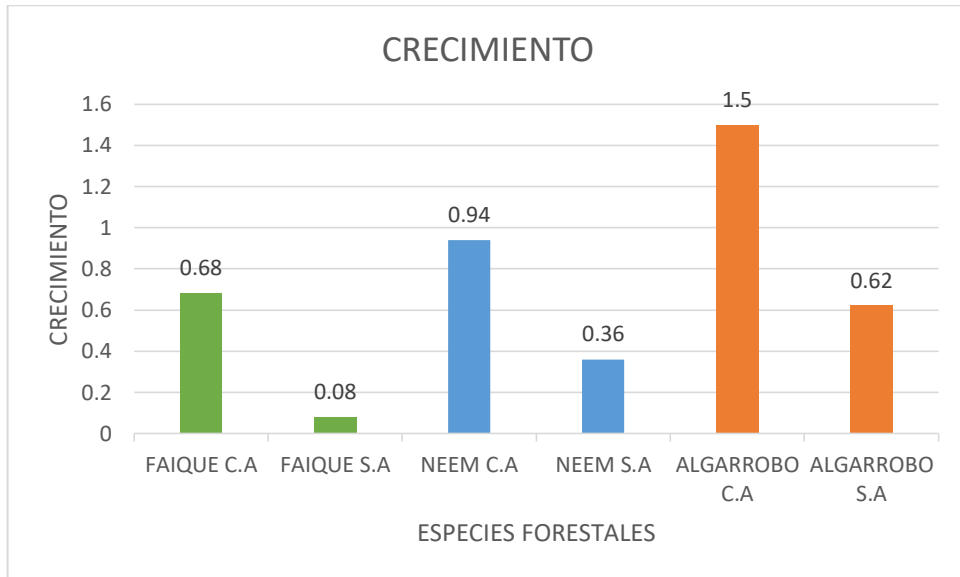
**CUADRO N° 20: CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DE TALLO DE LA
ESPECIE FORESTAL ALGARROBO**

	Algarr.1	Algarr.2	Algarr.3	Algarr.4	Algarr.5
	cm				
Tallo inicial	2.6	2.2	2.4	2.4	3.4
Tallo final	3	3.1	2.8	3	4.2
Crecimiento Promedio de crecimiento	0.4	0.9	0.4	0.6	0.8
	0.62				

Fuente: propia

Grafico

FIGURA N° 10: COMPARACIÓN DE DESARROLLO EN PERÍMETRO POR ESPECIE FORESTAL



Fuente: propia

C.A: Con aplicación de agua tratada

S.A: Sin aplicación de agua tratada

Como se puede observar en el gráfico al igual que el primero con aplicación de la metodología la planta tenía mejor desarrollo con respecto al perímetro de las plantas forestales a diferencia de cuando se dejó de aplicar el agua residual esto nos demuestra que la metodología es efectiva ya que no afectó el desarrollo de la planta siendo una alternativa viable de ejecutar.

4.1.1.3. Resultados de la aplicación del sistema de riego por goteo con botella PET en la forestación.

Para que el agua residual tratada sea aplicada se diseñó un sistema de riego de uso eficiente, esto le permitió a la planta crecer en las condiciones adecuadas para su desarrollo. El diseño del sistema en

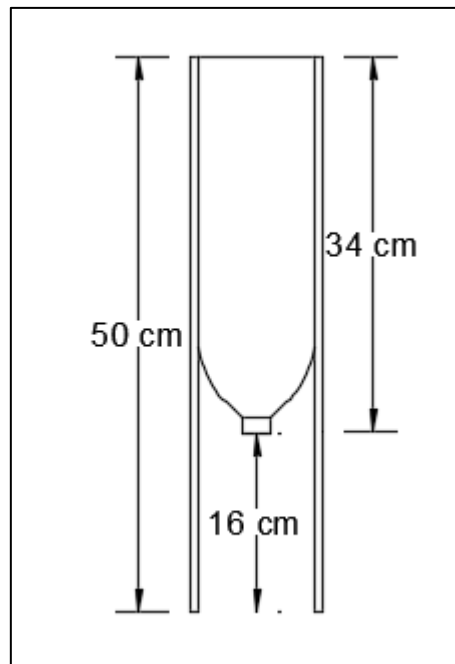
base del método riego por goteo con botellas plásticas o de PET, pero por las condiciones del agua se tenía que mejorar la técnica que se describirá líneas adelante. Se hicieron pruebas previas durante varias semanas para determinar la técnica y materiales necesarios para el funcionamiento del sistema de riego por goteo.

A) Estructura externa del sistema

Debido a que se necesitó la mayor eficiencia en el empleo del agua se usó materiales que ocupen poco espacio por ello se utilizó botellas PET de 2.5 l las cuales fueron recortadas de la base, también se utilizó las tapas de las mismas botellas las cuales sirvieron como conducto de salida, se hizo un agujero en la tapa para la salida del agua.

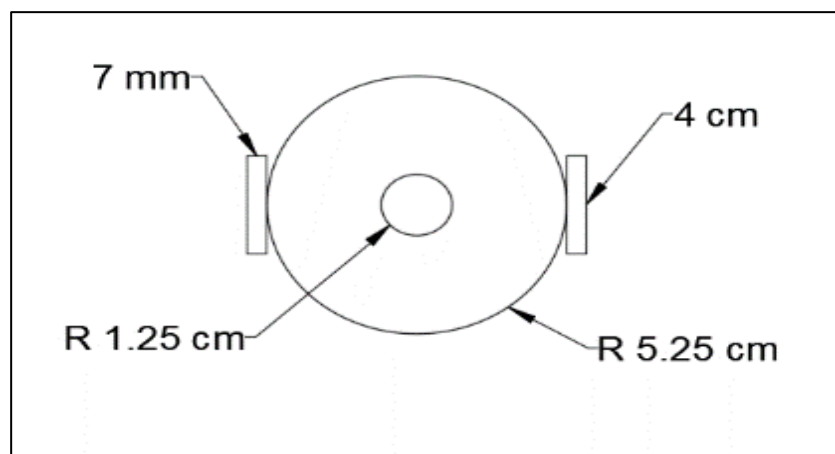
Para que el sistema funcione se ubicó la botella de forma vertical suspendida en 2 soportes de 7 mm de ancho, 4 cm de largo y 50 cm de altura que fueron colocados en los márgenes de las botellas. El sistema de riego por goteo fue ubicado a 10 cm de cada una de las plantaciones.

FIGURA N° 11: SISTEMA DE RIEGO DE RIEGO POR GOTEO



Fuente: propia

FIGURA N° 12: SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO



Fuente: propia

B) Estructura Interna del sistema

Se probó con diferentes tamaños de hoyos en las tapas de las botellas hasta que se determinó que una cavidad con un radio de 0.25 mm permitió el paso del agua residual con caudal adecuado.

Para la regulación del caudal del agua hacia la planta sea contante se diseñó un sistema con 5 tipos de filtros diferentes conformado por: tela poliéster, papel bond, arena, grava media y grava gruesa.

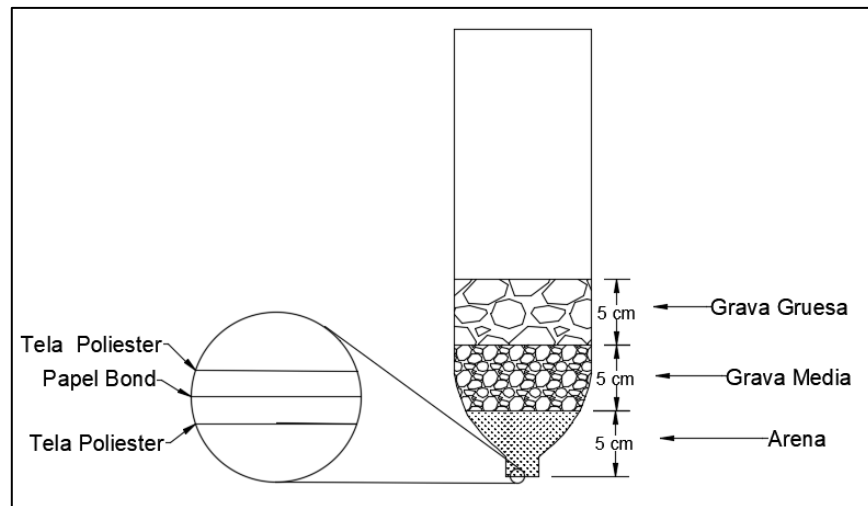
Los filtros de arena y grava son frecuentemente usados para la purificación o filtración de agua también se puede decir que tienen la capacidad de frenado lo cual es muy importante para que el agua que caiga sobre la planta sea contante.

Se recortó dos capas de tela y papel bond de la misma área de la tapa de la botella, el papel bond se colocó entre las dos capas de tela, material que fue acondicionado dentro de las tapas.

Luego siguió con la colocación de 5 cm en altura de arena desde la tapa, a la vez que evita que algún elemento residual obstruya la salida de agua del sistema.

Luego se colocó 5 cm en altura de cantos rodados grava media sobre la arena que funcionen también como filtro y amortiguadores de la fuerza con la que caía el agua a la hora de su colocación, se seleccionaron por su tamaño y porque tienen una estructura redondeada y sólida, es decir, que no se desintegrara con la fuerza cinética del agua. Luego se colocó también 5 cm en altura de grava gruesa con la misma función de la anterior, pero con mejores resultados de amortiguamiento.

FIGURA N° 13: MATERIALES INTERNOS DE RIEGO POR GOTEO

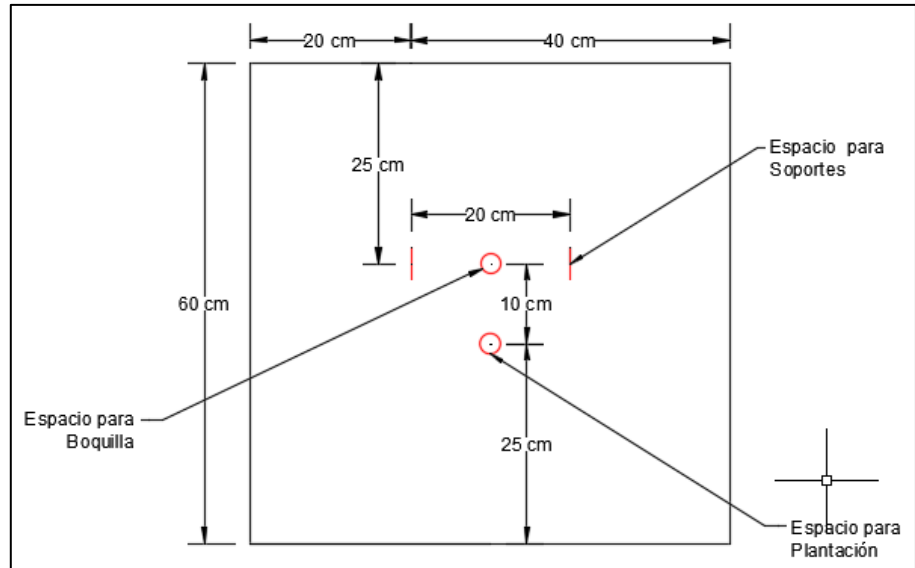


Fuente: propia

Minimización de Evaporación

La pérdida de agua por evaporación también represento un problema en el riego ya que se perdía gran cantidad de esta cada vez que se aplicaba el agua, lo que representaba una gran porcentaje del agua que debía utilizar la planta, por ello se decidió adicionar PEAD al sistema de riego la cual tiene la finalidad de retener humedad, así como también mantener una temperatura adecuada que facilite el desarrollo de la plantación, esta capa de plástico se acondicionó de tal forma que haya espacio para la planta, los soportes y la boquilla de la botella, así no impida el ingreso del agua tratada a la base de la planta.

FIGURA N° 14: SISTEMA DE MINIMIZACIÓN DE EVAPORACIÓN



Fuente: propia

Uso y aplicación de agua tratada

Con las plantaciones ya en el terreno se procedió a la colocación de los sistemas de riego por goteo en cada una de ellas, se debe tener en cuenta que la boquilla no debe tener contacto con el suelo ya que si pasara esto se podría obstruir e impedir el paso de agua.

FOTOGRAFÍA N° 11: COLOCACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO



Fuente: propia

FOTOGRAFÍA N° 12: SISTEMA Y PLANTACIÓN FINAL



Fuente: propia

Se procedió a dosificar los 397 l de agua que había quedado del proceso de fitorremediación con la finalidad de utilizar 1 l por día de los programados por cada clase de plantación forestal. Como se tenían 3 plantaciones de prueba se dosifico de la siguiente manera:

CUADRO N° 21: DOSIS DIARIA DE AGUA TRATADA

Plantación	Aplicación diaria de agua por planta	Días totales	Cantidad total de agua por tipo de planta
Neen	1 L/Día	26	130 L
Algarrobo			130 L
Faique			130 L

Fuente: propia

La aplicación se dio por las tardes para mejorar la absorción del agua por la planta.

Se calculó que el litro de agua aplicado tenía una duración de 4 horas con un total de 23 gotas por minutos con un tiempo de 2.64 segundos entre gota y gota por lo tanto tenemos un caudal promedio de 250 ml/h.

4.1.2. Resultados generales.

4.1.2.1. Propuesta sobre la forestación con plantaciones forestales como alternativa para el reúso de aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio.

PROPUESTA

Objetivos

-Plantear la forestación como alternativa de reúso de aguas residuales.

-Mejorar la calidad de vida de la población circundante.

Beneficiarios: Pobladores de los alrededores de las lagunas de oxidación El Indio.

Descripción de la propuesta

La propuesta es una serie de pasos a seguir con los cuales se pretende reutilizar las aguas residuales en la forestación:

1.- La realización de un tratamiento la cual consiste utilización de la especie *L. minor* para la fitorremediación de las aguas residuales de las lagunas de oxidación de El indio, este proceso consiste en aplicar la *L. minor* el las aguas residuales, estas se colocaran a razón de 400 g/m² que es la masa que ocupa la lenteja de agua por área superficial del agua en un periodo de 20 días, cada cierto tiempo se debe extraer la *L. minor* dejando área libre superficial de forma que no se reduzca su velocidad para reproducirse lo cual lleve a reducir su proceso de tratamiento.

2.- La plantación de las especies forestales *Prosopis pallida*, *Acacia macracantha H. et B.* y *azadirachta Indica* se debe realizar con el

método de tresbolillo el cual consiste en colocar plantaciones en los vértices de triángulos equiláteros de forma continua como se observa en la (Figura 05); para tener mejor área de distribución de las plantaciones, la distancia debe ser de 7 m; para la forestación se deben excavar hoyos de 30 cm x 30 cm x 30 cm, en los cuales se colocara abono orgánico a razón 20%-50%.

3.- Para mejorar la eficiencia de aplicación de las aguas residuales se debe utilizar el riego por goteo con botellas PET mejorado el cual consiste en la utilización de una botella recontada por la base dejando la parte de la boquilla con la tapa, se debe colocar soportes en las márgenes de la botella de forma que debe estar suspendidas en el aire, la tapa de la botella no debe tener contacto con el suelo. En la tapa se hace un hoyo con radio de 0.25 mm, sobre la tapa se coloca de forma ascendente los siguientes materiales: un capa de tela poliéster luego una capa de papel bond, se repite la colocación de un capa de tela poliéster , seguidamente se coloca 5 cm en altura de arena, 5 cm en graba media y 5 cm en graba gruesa como se muestra a en las (Figuras 9 y 10), con este método se lograra aplicar 1 l de agua con una duración de 4 horas. También se debe utilizar una capa de plástico PEAD sobre la superficie de suelo dejando área para la botella y sus soportes así evitar la evaporación del agua tratada que se aplicara sobre el suelo.

Costo

A continuación se mostrara los cosos de la propuesta:

CUADRO N° 22: COSTO DEL MÉTODO POR UNIDAD UTILIZADO EN PLANTACIONES FORESTALES

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO
Botellas recicladas	1	unidad	S/. 0.10
Tablillas de madera	1	m	S/. 2.00
Alambre	2	m	S/. 0.10
Papel bond	1	Hoja	S/. 0.10
Tela poliéster	100	cm2	S/. 0.10
Grava o granito	500	gr	S/. 0.10
Arena	500	gr	S/. 0.10
Plástico	1	m2	S/. 0.50
Compost	1	kg	S/. 1.00
TOTAL			S/. 4.10

Fuente: propia

Los precios promedio en el mercado de las plantaciones forestales son los siguientes:

CUADRO N° 23: PRECIOS POR PLANTACIONES FORESTALES

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO
Neem	1	unidad	S/. 5.00
Algarrobo	1	unidad	S/. 5.00
Faique	1	unidad	S/. 3.00

Fuente: propia

Hay que tener en cuenta los materiales comunes que se utilizaran en general para toda la plantación y construcción:

CUADRO N° 24: MATERIALES COMUNES

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO
Tijera domestica	1	unidad	S/. 29.90
Alicate	1	unidad	S/. 15.00
Buggy	1	unidad	S/. 175.00
Palanas	1	unidad	S/. 19.90
Wincha	1	unidad	S/. 49.90
TOTAL			S/. 289.70

Fuente: propia

En los siguientes cuadros se observara los costos totales:

CUADRO N° 25: COSTO TOTAL DE PLANTACIONES FORESTALES

ESPECIE FORESTAL	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	COSTO DE PLANTACIONES
Neem	5	unidades	S/ 5.00	S/ 25.00
Algarrobo	5	unidades	S/ 5.00	S/ 25.00
Faique	5	unidades	S/ 3.00	S/ 15.00
Total				S/ 65.00

Fuente: propia

CUADRO N° 26: COSTO TOTAL DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO

CANTIDAD DE PLANTACIONES	COSTO UNITARIO	TOTAL
15	S/ 4.10	S/ 61.50

Fuente: propia

CUADRO N° 27: COSTO TOTAL PRESUPUESTADO

ÁREA	COSTO DEL MÉTODO	COSTO DE PLANTACIONES FORESTALES	TOTAL
625 m2	S/ 61.50	S/ 65.00	S/ 126.50

Fuente: propia

4.2. Contrastación de Hipótesis

HIPÓTESIS GENERAL

H0: Con la forestación con plantaciones forestales nos permitirá el reúso de aguas residuales de las lagunas de oxidación El Indio. AA.HH El Indio Piura – Perú.

Hi: Se ha demostrado que con la forestación con plantaciones forestales se reutilizó las aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio.

Por lo tanto se acepta H0 y se validad H1

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H1o: Con el tratamiento de las aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio nos permitirá contribuir en el riego de plantaciones forestales.

H1i: Se ha demostrado que con el tratamieno de las aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio se contribuyo en el riego de plantaciones forestales.

Por lo tanto se acepta H0 y se validad H1

H2o: Con la aplicación del agua fitorremediada en las especies forestales *Prosopis pallida*, *Acacia macracantha H. et B.*, *azadirachta Indica*, nos permitirá tener efectos positivos de desarrollo.

H2i: Se ha demostrado que el agua fitorremediada a tenido efectos positivos en las especies forestales *Prosopis pallida*, *Acacia macracantha H. et B.*, *azadirachta Indica*.

Por lo tanto se acepta H0 y se validad H1

H3o: Con la aplicación del agua fitorremdiada mediante el sistema de riego por goteo con botella PET nos permitirá mejorar la eficiencia del uso del agua en la forestación.

H3i: Se ha demostrado que la aplicación de agua fitorremediada mediante el uso del sistema de riego por goteo con botella PET permitió mejorar la eficiencia del uso del agua en la forestación.

Por lo tanto se acepta H0 y se validad H1

H4o: Con la realización de una propuesta para la forestación con plantaciones forestales se podrá plantear el uso de las aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio como una alternativa.

H4i: Se ha demostrado que con el desarrollo de una propuesta se logró la reutilización de las aguas residuales de las lagunas de oxidación de El indio en plantaciones forestales.

Por lo tanto se acepta H0 y se validad H1

4.3. Discusión de resultado

De acuerdo a los resultados se puede decir que el agua tratada con las especie *L. minor* obtuvo efectos positivos en las plantaciones forestales utilizadas y gracias al método de riego por goteo con botellas PET con la que se aplicó el agua tratada en cada una, hay que tener en cuenta que no todas las plantas forestales se desarrollaron igual, pero se comprobó las hipótesis planteadas.

Por lo que el estudio de Johanna Rosaura Morales Nespud (2009), guarda relación con el presente estudio ya que demuestra que las aguas residuales son efectivas en las plantaciones forestales por el gran contenido de nutrientes, con la diferencia que este proyecto se realizó con un tratamiento previo a las aguas residuales antes de ser aplicadas, este se dio porque el agua residual de las lagunas no cumplía la normativa vigente.

Al igual que Eugenio Antonio Bastías Cantuarias (2004) quien nos demuestra que el agua residual también tiene efectos positivos en plantas ornamentales.

Con respecto al tratamiento de agua residual con la especie *L. minor* guarda relación con la investigación de Zarela Milagros García Trujillo (2012) ya que se demostró la efectividad de dicha planta para la fitorremediación de aguas residuales en nuestro caso con la diferencia de que fue en la Laguna de oxidación de El Indio la cual se encuentra en diferentes condiciones tanto de funcionamiento así como climáticas a la del proyecto citado.

CONCLUSIONES

-Se está demostrando que con la forestación con plantaciones forestales es una gran alternativa para reusar aguas residuales ya que las plantas no tuvieron efectos adversos, por lo tanto puede ser aplicada para disminuir la contaminación generada por aguas residuales que es un problema vigente en el Perú.

-Se logro el tratamiento de aguas residuales de las lagunas de oxidación de El Indio, reduciendo la presencia de contaminantes en 0.6×10^3 NMP/100ml para coliformes termotolerantes, 0.2×10^3 UFC/100ml para E. coli y 0 Huevo/L para Huevos de helmintos, cumpliendo con los parámetros de la normativa nacional.

-La reutilización de aguas residuales tratadas fue beneficiosa para las plantaciones utilizadas ya que se desarrollaron en condiciones aceptables, no se generaron efectos adversos a causa que el agua había quedado equilibrada durante el tratamiento, esto se demostró con los análisis tanto de entrada como de salida. Por lo tanto las plantaciones forestales *Prosopis pallida*, *Acacia macracantha H. et B.* y *azadirachta Indica* fueron plantas que se desarrollaron correctamente con el agua tratada, de ellas el *Prosopis pallida* fue el que se desarrolló mejor en promedio con una altura de 4.96 cm además un perímetro

de tallo con 1.5 cm, seguido de *azadirachta Indica* con 3.58 cm en altura, 0.94 cm en perímetro y por ultimo *Acacia macracantha H. et B.* quien tuvo menor desarrollo con 1.32 cm de altura ademas 0.68 cm en perimetro.

- El sistema de riego por goteo con botella PET fue eficiente ya que permitió el uso racional del agua en las plantaciones forestales en un área de 625 m². Fue un sistema modificado a los encontrados en los textos ya que el agua residual tratada no presentaba las mismas condiciones, pero dio resultados satisfactorios.

-Se logro plantear una propuesta la cual consiste en una serie de pasos a ser utilizados con la finalidad de reutilizar el agua residuale de las lagunas de oxidación de El Indio en la forestación con un presupuesto de S/ 126.50 soles.

RECOMENDACIONES

- Este proyecto puede ser utilizado en las ciudades que tienen el mismo problema de aguas residuales, se recomienda aplicar esta metodología en diferentes pisos altitudinales para verificar si existen variaciones considerables en la efectividad de la metodología.
- Desarrollar estudios relacionados con otros tipos de tratamientos que mejoren la eliminación de contaminantes que nos permitan tener plantaciones forestales con mejores resultados de desarrollo.
- Probar la aplicación del agua residual tratada con los procedimientos aportados en el presente estudio en plantaciones forestales de importancia económica para la región.
- Se podría mejorar el sistema de riego conectándolo a un mayor volumen de agua lo que permitiría la irrigación continua de las plantaciones mejorando su desarrollo.
- Se recomienda utilizar la propuesta en las zonas donde se da la contaminación por aguas residuales ya que es una alternativa viable de ejecutar.

BIBLIOGRAFÍA

Aguerre, M., Carpineti, L., Dalla Tea, F., Denegri, G., Frangi, J., Garran, S., Gimenez, E., Glade, J., Larocca, L., Marco, M., Mendonza, L., Pujato, J., Rembado, G., Sanchez, M., Vaccaro, N. (1995). Manual para productores de eucaliptos de la Mesopotamia. Argentina.

Ajani, J., Green, L. (2013) forest definitions and linkages to wood product information. *UK*, 1(1), 12-14.

Arroyave, M. (2004). La lenteja de agua (*lemna minor* L.): Una planta acuática promisoría. *Revista EIA*, (1), 33-38.

Arana, E. (2014). *Utilización de aguas residuales tratadas como alternativa de riego de parques y jardines en el Distrito de Jesús María*. (Tesis de pregrado), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima Perú.

Acacia *macracantha*. Recuperado el 10 de noviembre del 2017, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Acacia_macracantha

Azadirachta indica. Recuperado el 10 de noviembre del 2017, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Azadirachta_indica

Balague, E. (2011). *Estudio de la influencia del tiempo de retención hidráulico en un reactor biológico secuencial (sbr) de depuración de aguas residuales procedentes de una tenería y optimización de la fase de sedimentación*. (Tesis de posgrado), Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España

Bastías, E (2004) *Efecto del riego con aguas servidas tratadas en especies vegetales ornamentales*. (Tesis de pregrado), Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Blasco, J. 174 Lemna minor L. FLORA DE LA RIBERA BAJA DEL EBRO.
FAMILIA LEMNACEAE

Calle, Z. (2012). *Métodos y técnicas para la restauración de bosques*.

CAPÍTULO IV. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/capitulo4.pdf>

Comisión nacional forestal, (2010). *Prácticas de reforestación*. Recuperado de <https://ra-training-library.s3.amazonaws.com/26.%20Manual%20basico%20de%20reforestacion.pdf>

Comité de agua de corma. (2015). El agua y las plantaciones forestales. Recuperado de: <https://www.corma.cl/wp-content/uploads/2018/10/el-agua-y-las-plantaciones-forestales.pdf>

Cruz, M., Sanches, R. (2004) El árbol de neem establecimiento y aprovechamiento en la huasteca potosina. Potosi, Bolivia: comité editorial de los campos experimentales huichihuayan y ébano.

Dostert, N., Roque, J, cano, A., La torre, M y weigen, M (2012): Hoja botánica: algarrobo. Lima, Perú.

Espigares, M. y Pérez J. (n/a). Aguas residuales. Composición. Recuperado de http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

E. Trujillo Plantación Forestal: Planeación para el Éxito. Recuperado de: http://www.elsemillero.net/pdf/plantaciones_forestales.pdf

Garcia, Z. (2012). *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas* (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Gobierno del Perú (1993) Constitución política del Perú

Gobierno del Perú (2005) Ley General del Ambiente .Ley N° 28611

Gobierno del Perú (2009) Ley forestal y de fauna silvestre n° 29763

Gobierno del Perú (2010) Ley n° 29338, Ley de Recursos Hídricos
Concordancias: D.Leg. N° 1013, inc. b) del Art. 6 (Funciones generales).

Gobierno del Perú (2010). D.S. N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de
Recursos Hídricos

Gobierno del Perú Norma Técnica de Edificación s.090. (2009). Plantas de
tratamiento de aguas residuales.

Gobierno del Perú (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y
establecen disposiciones Complementarias DECRETO SUPREMO N°
004-2017-MINAM

Gutiérrez, A. (2010). Evaluación de la biomasa y manejo de lemna gibba
(lenteja de agua) en la bahía interior del lago Titicaca. *Ecología Aplicada*,
9(2), 91-99.

Jaramillo, M., Flores, E. (2012). *Fitorremediación mediante el uso de dos
especies vegetales lemna minor (lenteja de agua), y eichornia crassipes
(jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera.*

(Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

Keller, A, Bulfe, N., Gyenge, J. (2016). Consumo de agua en plantaciones de *pinus taeda* L. en la zona noroeste de la provincia de misiones. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262944844_CONSUMO_DE_AGUA_EN_PLANTACIONES_DE_Pinus_taeda_L_EN_LA_ZONA_NOROESTE_DE_LA_PROVINCIA_DE_MISIONES

Limpiezas y Mantenimientos Renove. La prueba del cubo. Recuperado de <https://www.limpiezasrenove.com/piscinas-y-exteriores/la-prueba-del-cubo/>

Luévano, J. (2016). *Propuesta metodológica para reducir la concentración de nutrientes (PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_3^-) en bioensayos a la intemperie con *spirodela polyrhiza** (Tesis de grado). Instituto Politécnico Nacional, Altamira, Mexico.

Mara, D., Cairncross, S. (1990): Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/39350>

Morales, J (2009). *Evaluación de crecimiento inicial de cuatro especies forestales (*azadirachta indica*, *ziziphus thyrsoiflora*, *prosopis juliflora*, *leucaena leucocephala*) regadas con aguas residuales de las lagunas de*

oxidación de los cantones Santa Elena y la libertad en la prov. de santa Elena (Tesis de grado). Escuela superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Nova, G., Caro, F.(1991). Reforestación de microcuencas. Recuperado de https://repositorio.sena.edu.co/sitios/reforestacion_microcuencas/reforestacion7.html

Núñez, R., Meas, y., Ortega, R., Olgún, E. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Ciencia* 1(1), 69-82.

Poveda, R. (2014). *Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizada en El Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Prosopis pallida. Recuperado el 10 de noviembre del 2017, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Prosopis_pallida

Ramírez, A. (2004). La lenteja de agua-lemná en el lago de maracaibo.

Redacción Multimedia (07 de enero de 2017). Con el uso de aguas residuales intentan recuperar un bosque seco de Piura. *Diario Correo*. Recuperado

de <https://diariocorreo.pe/edicion/piura/con-el-uso-de-aguas-residuales-intentan-recuperar-un-bosque-seco-de-piura-722539/>

REUTILIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES. Recuperado de http://aguas.igme.es/igme/publica/libro33/pdf/lib33/cap_2_b.pdf

Rodríguez, J., Gómez, E., Garavito, L., López, F. (2010). Estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas y buchón de agua en humedales artificiales. *Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería hidráulica en México*. 1(1), 59-68.

Saavedra, J. (1995): Las plantas medicinales de la sierra central de Piura. Piura, Perú.

Sánchez, R., Caldas, y., (2009). Evaluación del tratamiento de aguas residuales con lemna gibba en estanques con régimen de flujo de pistón. 238-242.

Shock, C. y Welch, T. (2013). El riego por goteo: Una introducción. 1(1), 1-9.

Sistema de Riego por Goteo con Botellas Plásticas. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-sistema_de_riego_por_goteo_con_botellas_plasticas_-_c.pdf

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2017. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París, UNESCO.

(1991). Trabajos Reforestación y Forestación. Recuperado de:
<http://idforestal.es/wp-content/uploads/2016/01/IDForestal.-Trabajos-de-Reforestacion-y-Forestacion.pdf>

(1991).Practicas de Reforestacion. Recuperado de:
http://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL_PRACTICAS_DE_REFORESTACION.PDF

ANEXOS

ANEXO N°01: Transporte de Agua Residual



Fuente: propia

ANEXO N°02: Peso de Lenteja de Agua en Balanza Analítica en g



Fuente: propia

ANEXO N°03: Cubierta de laguna Experimental



Fuente: propia

ANEXO N°04: Recolección de Lenteja de Agua



Fuente: propia

ANEXO N°05: Muestreo después del tratamiento



Fuente: propia

ANEXO N°06: Aplicación del Agua Mediante es Sistema de Riego por Goteo con Botellas PET



Fuente: propia

ANEXO N°07: Filtración Previa a la Aplicación



Fuente: propia

ANEXO N°08: Hoyado para las Plantas Forestales



Fuente: propia

ANEXO N°09: Medición de Altura de Planta



Fuente: propia

ANEXO N°10: Medición de Altura de Planta



Fuente: propia

ANEXO N°11: Días Seleccionados de Riego

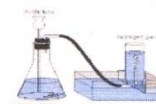
Octubre						
Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				
Noviembre						
Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

Fuente: propia

ANEXO N°12: Análisis de agua antes de la fitorremediación



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



INFORME DE ANÁLISIS N°520-CP-D.A.I.Q.-UNP

SOLICITADO POR : LUIS FELIPE MAJUAN NAIRA
 MUESTRA : AGUA RESIDUAL DOMESTICA (M1) ANTES DEL TRATAMIENTO
 PROCEDENCIA : LAGUNA DE OXIDACION DE EL INDIÓ
 NÚMERO DE MUESTRAS : 01
 ANÁLISIS SOLICITADOS : FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
 PROYECTO : "FORESTACION CON PLANTACIONES FORESTAL COMO ALTERNATIVA DE REUSO DE AGUA RESIDUAL DE LA LAGUNA DE OXIDACION DE EL INDIÓ".
 FECHA MUESTREO : 11 DE SETIEMBRE DEL 2017
 FECHA DE ANÁLISIS : DEL 11/09/2017 AL 16/09/2017

RESULTADOS FISICOQUÍMICOS

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(LMP) DS.003-2010 MINAM	MÉTODO ENSAYO
ACEITES Y GRASAS	mgL ⁻¹ (ppm)	30.28	20	EPA-821-R-001. MET.1669. B
NITRITOS (NO ₂ ⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	18.23	---	SMEWW-4500 NO ₂ B.22nd.Edition
NITRATOS (NO ₃ ⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	65.32	---	SMEWW-4500 NO ₃ B.22nd.Edition
SOLID. TOTAL. SUSPEND	mgL ⁻¹ (ppm)	420	150	SMEWW-2540 D. 22nd.Edition
DQO (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	600	200	SMEWW-5220 - C. 22nd.Edition
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	280	100	SMEWW-5210 - B. 22nd.Edition
FÓSFORO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	6.32	---	SMEWW-4500 P - E. 22nd.Edition
pH	Unidad	6.0	6,5 - 8,5	SMEWW-4500 H* - B. 22nd.Edition
Conductividad (25°C)	µS/cm	4800	---	SMEWW-2510 B. 22nd.Edition
Cloruros (Cl ⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	520	---	SMEWW-4500 Cl ⁻ - B. 22nd.Edition
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	480	---	SMEWW-4500 SO ₄ ²⁻ . E. 22nd.Edit.
Mercurio (Hg)	mgL ⁻¹ (ppm)	---	---	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Hierro (Fe)	mgL ⁻¹ (ppm)	4.2	---	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Manganeso (Mn)	mgL ⁻¹ (ppm)	1.9	---	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Niquel (Ni)	mgL ⁻¹ (ppm)	---	---	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Cobre (Cu)	mgL ⁻¹ (ppm)	4.89	---	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Zinc (Zn)	mgL ⁻¹ (ppm)	3.69	---	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Plomo (Pb)	mgL ⁻¹ (ppm)	---	---	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Selenio (Se)	mgL ⁻¹ (ppm)	---	---	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	(LMP) DS.033-2010 MINAM	MÉTODO DE REFERENCIA
Coliformes Termotoleran.	NMP/100ml a 44,5°C	18.23 x10 ³	10 000	SM Part. 9221 E 22nd Edition.2012
E. Coli.	UFC/100 mL a 44,5°C	4.5 x10 ³	---	SM Part. 9221 G.22nd. Edition 2012.
Huevos de Helmintos.	Huevo/L	26	---	Microscopía

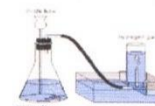
PIURA, 17 DE SETIEMBRE DEL 2017



ANEXO N°13: Análisis de agua después de la fitorremediación



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



INFORME DE ANÁLISIS N°530-CP-D.A.I.Q.-UNP

SOLICITADO POR MUESTRA	: LUIS FELIPE MAJUAN NAIRA	: AGUA RESIDUAL DOMESTICA (M ₂) DESPUES DEL TRATAMIENTO
PROCEDENCIA	: LAGUNA DE OXIDACION DE EL INDIIO	
NÚMERO DE MUESTRAS	: 01	
ANÁLISIS SOLICITADOS	: FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	
PROYECTO	: "FORESTACION CON PLANTACIONES FORESTAL COMO ALTERNATIVA DE REUSO DE AGUA RESIDUAL DE LA LAGUNA DE OXIDACION DE EL INDIIO".	
FECHA MUESTREO	: 02 DE OCTUBRE DEL 2017	
FECHA DE ANÁLISIS	: DEL 02/10/2017 AL 06/10/2017	

RESULTADOS FISICOQUIMICOS

DETERMINACIÓN MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS	(ECA) DS. N° 004-2017-MINAM	MÉTODO ENSAYO
ACEITES Y GRASAS	mgL ⁻¹ (ppm)	4	5	EPA-821-R-001. MET.1669. B
NITRITOS (NO ₂ ⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	9	10	SMEWW-4500 NO ₂ ⁻ B.22nd.Edition
NITRATOS (NO ₃ ⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	18	---	SMEWW-4500 NO ₃ ⁻ B.22nd.Edition
SOLID. TOTAL. SUSPEND	mgL ⁻¹ (ppm)	60	---	SMEWW-2540 D. 22nd.Edition
DQO (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	30	40	SMEWW-5220 - C. 22nd.Edition
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	mgL ⁻¹ (ppm)	13	15	SMEWW-5210 - B. 22nd.Edition
FÓSFORO TOTAL	mgL ⁻¹ (ppm)	4.6	---	SMEWW-4500 P - E. 22nd.Edition
pH	Unidad	6.8	6,5 - 8,5	SMEWW-4500 H ⁺ - B. 22nd.Edition
Conductividad (25°C)	µS/cm	1200	2500	SMEWW-2510 B. 22nd.Edition
Cloruros (Cl ⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	280	500	SMEWW-4500 Cl ⁻ - B. 22nd.Edition
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mgL ⁻¹ (ppm)	450	1000	SMEWW-4500 SO ₄ ²⁻ . E. 22nd.Edit.
Mercurio (Hg)	mgL ⁻¹ (ppm)	<0.001	0.001	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Hierro (Fe)	mgL ⁻¹ (ppm)	3.8	5	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Manganeso (Mn)	mgL ⁻¹ (ppm)	0.012	0.2	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Niquel (Ni)	mgL ⁻¹ (ppm)	0.010	0.2	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Cobre (Cu)	mgL ⁻¹ (ppm)	0.008	0.2	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Zinc (Zn)	mgL ⁻¹ (ppm)	1.2	2	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Plomo (Pb)	mgL ⁻¹ (ppm)	0.02	0.05	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4
Selenio (Se)	mgL ⁻¹ (ppm)	0.01	0.02	EPA-METHOD 200.7. REV 4.4

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	(LMP) DS.033-2010 MINAM	MÉTODO DE REFERENCIA
Coliformes Termotoleran.	NMP/100ml a 44,5°C	0.6x10 ³	1000	SM Part. 9221 E 22nd Edition.2012
E. Coli.	UFC/100 mL a 44,5°C	0.2 x10 ³	1000	SM Part. 9221 G.22nd. Edition 2012.
Huevos de Helmintos.	Huevo/L	0	1	Microscopia

PIURA, 07 DE OCTUBRE DEL 2017


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
 Ing. Hernán Pedros Fernandez
 PRESIDENTE
 DIRECTOR CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.