



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Efecto de biojardines con los géneros *Heliconia sp* y *Alpinia sp* en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas y propuesta de reutilización - Rioja 2017

Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Ambiental

AUTORES:

José Luis Rodríguez López

Alex Jaiker Cubas Becerra

ASESOR:

Blgo. M. Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez

Código N°6055717

Moyobamba - Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL




Efecto de biojardines con los géneros *Heliconia sp* y *Alpinia sp* en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas y propuesta de reutilización - Rioja 2017

AUTORES:

José Luis Rodríguez López


Alex Jaiker Cubas Becerra

Sustentada y aprobada el día 11 de julio del 2019, por los siguientes jurados:


.....
Ing. M. Sc. Julio César De La Rosa Ríos
Presidente


.....
Ing. Juan José Pinedo Canta
Secretario


.....
Blgo. Pesq. Estela Bances Zapata
Miembro


.....
Ing. M. Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

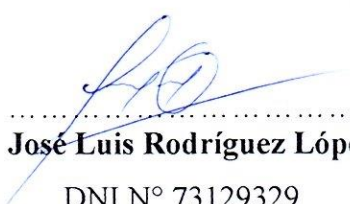
José Luis Rodríguez López, identificado con DNI N° 73129329 y **Alex Jaiker Cubas Becerra**, identificado con DNI N° 71776168, egresados de la Facultad de Ecología, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Efecto de biojardines con los géneros *Heliconia sp* y *Alpinia sp* en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas y propuesta de reutilización - Rioja 2017**

Declaro bajo juramento que:


1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 11 de julio del 2019.


.....
José Luis Rodríguez López
DNI N° 73129329




.....
Alex Jaiker Cubas Becerra
DNI N° 71776168



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: Rodríguez Lopez José Luis	
Código de alumno : 115121	Teléfono: 964716088
Correo electrónico : j-rodriguezlopez@outlook.com	DNI: 73129329

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: Ecología
Escuela Profesional de: Ingeniería Ambiental

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título: Efecto de biojardines con los géneros <i>Heliconia</i> sp y <i>Alpinia</i> sp en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas y propuesta de reutilización - Roja 2017.
Año de publicación: 2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.

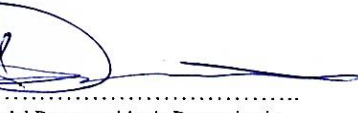

.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

10 / 09 / 2019




.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	CUBAS BECERRA ALEX JAIKER	
Código de alumno :	115106	Teléfono: 917854263
Correo electrónico :	Jaikerinho28@gmail.com	DNI: 71776168

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	ECOLOGIA
Escuela Profesional de:	INGENIERIA AMBIENTAL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Efecto de biojardines con los generos Heliconia sp y Alpinia sp en la remoción de contaminantes de aguas grises domesticas y Propuesta de reutilización - Rioja 2017
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”**.



.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

10, 09, 2019



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A mi madre por su gran sacrificio y dedicación que han hecho posible mi formación profesional y el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi esposa quien es mi motivación y el sentido de mejorar cada día más y así poder luchar para que la vida nos depara un futuro mejor.

José Luis Rodríguez López

A mis padres por su gran sacrificio y apoyo que han hecho posible mi formación profesional

A mi esposa quien es mi motor y motivo.

A mi hijo quien es el que me impulsa a seguir adelante.

Alex Jaiker Cubas Becerra

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios, por permitirnos el haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional, quien a través de sus bendiciones y su grandeza nos permitió terminar con el desarrollo de nuestro trabajo de investigación y cumplir con los objetivos trazados.

A la Universidad Nacional de San Martín–Tarapoto, por su contribución en nuestra formación profesional A cada uno de nuestros jurados que con sus observaciones hacen de esta investigación cumpla con los objetivos trazados

A nuestros docentes catedráticos de la facultad de Ecología de la UNSM-T, quienes con su conocimiento, experiencia y disposición profesional supieron orientarnos durante el proceso académico de cada asignatura.

A todas las personas que de una u otra manera hicieron posible la culminación del presente trabajo de investigación.

Los Autores

Índice general

	Pág.
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Abstract.....	xii
 Introducción.....	 1
 CAPÍTULO I.....	 3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.2. Bases teóricas.....	5
1.3. Definición de términos básicos	17
 CAPÍTULO II.....	 18
MATERIAL Y MÉTODOS	18
2.1. Materiales.....	18
2.2. Métodos.....	18
2.2.1. Diseño de investigación	18
2.2.2. Población y muestra	19
2.2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	20
2.2.4. Técnicas de procedimientos y análisis de datos	21
 CAPÍTULO III	 24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1. Caracterización de los parámetros físico – químicos de las aguas grises (pH, sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, DBO y DQO) y comparación con los LMP y ECA para agua categoría 3 – subcategoría D1.....	24
3.2. Remoción de contaminantes de aguas grises domésticas	34
3.3 Efecto de Biojardines con <i>Heliconia sp</i> y <i>Alpinia sp</i> en la remoción de contaminantes de aguas grises doméstica.....	36
 CONCLUSIONES.....	 39
RECOMENDACIONES	40

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS	43
Anexo A: Panel fotográficas	44
Anexo B: Mapa de ubicación del proyecto	48
Anexo C: Planos de diseño del biojardin	49
Anexo D: Resultados de análisis de laboratorio	52

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1: Generalidades Heliconia sp	14
Tabla 2: Generalidades Alpinia sp.....	15
Tabla 3: Límites máximos permisibles para efluentes de ptar	16
Tabla 4: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 3 – subcategoría D1	16
Tabla 5: Dimensiones del Biojardín	20
Tabla 6: Caracterización de aguas grises domésticas a la entrada de la biojardinera	24
Tabla 7: Caracterización de aguas grises domésticas en el grupo control.....	33
Tabla 8: Porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas tratadas con Heliconia sp	34
Tabla 9: Porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas tratadas con Alpinia sp	35
Tabla 10: Análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre tratamientos	36
Tabla 11: Prueba de Dunnett para determinar el tratamiento óptimo.....	37

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro poblado de San Francisco, distrito de Awajún, provincia de Rioja y tuvo como objetivo determinar y comparar el efecto de los géneros *Heliconia sp* y *Alpinia sp* en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas utilizando biojardines, para lo cual se seleccionaron tres viviendas con características similares (4 habitantes por vivienda), en donde se instalaron los biojardines uno con *Heliconia sp*, otro con *Alpinia sp* y un grupo control (sin plantas), ya que se pretende reutilizar el agua tratada en el riego de hortalizas las concentraciones obtenidas en los efluentes se compararon con los ECA para agua categoría 3, subcategoría D1 – riego de vegetales, obteniéndose que ambos tratamientos a partir del mes 4 a excepción de aceites y grasas cumplen con la normativa, cabe resaltar que el grupo control no cumplió con los ECA durante el periodo de evaluación. En cuanto al porcentaje de remoción de contaminantes se puede apreciar que el mayor porcentaje alcanzado por ambas plantas (*Heliconia sp* y *Alpinia sp*) se dio en el mes 8 después de la siembra, con *Heliconia sp* se obtuvo un porcentaje de remoción de SST 88.4%, Aceites y grasas 86.4%, DBO5 85.7% y DQO 90%. Con *Alpinia sp* se obtuvo un porcentaje de remoción de SST 89.3%, Aceites y Grasas 90.09%, DBO5 89.3% y DQO 91.7%. Para determinar el tratamiento óptimo se utilizó la prueba de Dunet para comparar los tratamientos con el grupo control, concluyendo que con un nivel de confianza del 95% ambos tratamientos (*Heliconia sp* y *Alpinia sp*) se presentan como óptimos para la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas.

Palabras clave: Biojardin, *Heliconia sp*, *Alpinia sp*, remoción, contaminantes, reutilización

Abstract

The purpose of this research work was carried out in the town of San Francisco, of district Awajún, province of Rioja and aimed to determine and compare the effect of bio-gardens with the genera *Heliconia sp* and *Alpinia sp* in the removal of domestic gray water pollutants, for which three houses with similar characteristics were selected (4 inhabitants per dwelling), where the bio-gardens were installed, one with *Heliconia sp*, *Alpinia sp* and one control group (without plants), since it is intended to reuse the water treated in the irrigation of vegetables the concentrations obtained in the effluents were compared with the ECA for water category 3, subcategory D1 - irrigation of vegetables, obtaining that both treatments from month 4 with the exception of oils and fats comply with the regulations, it should be noted that the Control group did not comply with the ECA during the evaluation period. Regarding the percentage of removal of contaminants, it can be seen that the highest percentage reached by both plants (*Heliconia sp* and *Alpinia sp*) occurred in month 8 after sowing, with *Heliconia sp*, a percentage of SST removal was obtained 88.4%, Oils and fats 86.4%, DBO5 85.7% and DQO 90%. With *Alpinia sp* a percentage of removal of SST 89.3%, Oils and Fats 90.09%, DBO5 89.3% and DQO 91.7% was obtained. To determine the optimal treatment the Dunet test was used to compare the treatments with the control group, concluding that with a level of confidence of 95% both treatments (*Heliconia sp* and *Alpinia sp*) are presented as optimal for the removal of water pollutants domestic gray.

Keywords: Biogarden, *Heliconia sp*, *Alpinia sp*, removal, contaminants, reuse



Introducción

En América Latina y el Caribe, 124 millones de personas no cuentan con instalaciones de saneamiento mejorado y se ven obligadas al uso de instalaciones higiénicas deficientes. Más del 75% de las aguas residuales son arrojadas al medio ambiente sin tratamiento alguno, contaminando las mismas fuentes de aguas que se usan para beber (UNICEF 2008).

En la provincia de Rioja la disposición inadecuada de las aguas grises es común en centros poblados como es el caso del centro poblado San Francisco, lugar donde se llevó a cabo la presente investigación que no son cubiertos por el sistema de alcantarillado sanitario, y determina un deterioro de sus condiciones ambientales: charcos en las calles y proliferación de vectores que provocan enfermedades que usualmente atacan a la población más vulnerable.

Frente al problema mencionado la investigación plantea el diseño y construcción de biojardines con los géneros *Heliconia sp* y *Alpinia sp* para depurar aguas grises domiciliarias como una alternativa de saneamiento, siendo una solución para el tratamiento de las aguas grises, amigable al medio ambiente reduciendo los impactos negativos que ocasiona la mala disposición de dichas aguas, al mejorar su calidad antes de ser regresadas al ambiente, mejora el nivel de vida de las personas y la belleza natural del ambiente, para la evaluación de los mencionados géneros de plantas en estudio se formuló la siguiente pregunta: ¿Cuál es el efecto de biojardines con los géneros *Heliconia sp* y *Alpinia sp* en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas?

Para responder a la interrogante se planteó como objetivo general determinar y comparar el efecto de biojardines con los géneros *Heliconia sp* y *Alpinia sp* en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas, lo cual nos llevó a formular los siguientes objetivos específicos:

Realizar la caracterización de las aguas grises domésticos (pH, sólidos totales, aceites y grasas), DQO y DBO pre y post tratamiento; comparar el efecto de biojardines con los géneros *Heliconia sp* y *Alpinia sp* en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas y contribuir en el aspecto paisajístico a través de la instalación de dichos biojardines.

Además, la depuración de las aguas grises por medio de biojardines domiciliarios permite dar un segundo uso al agua (reciclaje) por ejemplo puede ser utilizada para otras actividades dentro del mismo hogar (limpieza del hogar, riego de hortalizas, etc); reduciendo el consumo del agua potable hasta en un 20%. Considerando que el 80% de las aguas de un hogar son tratadas por esta tecnología, este alto volumen no entrará a los sistemas de tratamiento municipal, disminuyendo los costos por el tratamiento de estas aguas he ahí la importancia de la investigación.

En el primer capítulo se señalan las revisiones bibliográficas necesarias para una mejor comprensión de la problemática.

En el segundo capítulo se presentan los materiales y métodos a utilizar en la investigación, técnicas de recolección de datos e instrumentos de procesamiento y análisis de datos

En el tercer capítulo se presentan los resultados de la investigación, así como la discusión de los mismos de acuerdo a los estudios previos descritos en el capítulo II de la investigación. Finalmente se presentan las principales conclusiones deducidas de la investigación, así como las recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos pertinentes al estudio realizado.

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

A nivel internacional

Chávez S (2010). En su trabajo titulado Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domiciliarias por biofiltros de flujo horizontal, del programa ISSUE 2 en barrios del distrito V de Managua, llegó a los siguientes resultados en cuanto a la eficiencia del biofiltro: Grasas y aceites 93%, DBO5 (mg/L) 85-95%, DQO (mg/L) 95%, NO3 (mg/L) 90%, Fósforo total 85%, Sólidos S. Totales (mg/L) 90%.

HABITAR (2009). En Nicaragua, diversas familias de barrios populares de Managua, situados en el distrito V, han visto mejorada significativamente sus condiciones de vida gracias al proyecto alternativo de saneamiento sostenible puesto en marcha en los barrios populares del distrito V. La intervención ha consistido en la mejora del saneamiento de 30 familias de escasos recursos a través de la dotación de soluciones de biofiltros domiciliarios para el tratamiento de aguas grises y excretas.

La construcción de esta alternativa de saneamiento disminuye de forma directa las afecciones a la salud de las personas beneficiadas e indirectamente mejora las condiciones ambientales de los barrios en los que habitan. La intervención ha sido completada con procesos de capacitación y asistencia técnica financiados por el Ministerio de Asuntos Exteriores de Holanda y HABITAR.

Quez, E. (1999), en su trabajo titulado “Evaluación preliminar de dos tipos de biofiltro utilizados como tratamiento secundario de aguas residuales domésticas.” Costa Rica. Comprobó que:

Un comportamiento más acorde con la normatividad ambiental vigente, para el sistema con filtro aeróbico de flujo descendente, pues cumple con todos los parámetros solicitados y con 99,99% de remoción de coliformes fecales, lo que asegura una prevención en la presencia de agentes patógenos en el agua vertida a la quebrada adyacente; en cambio el sistema con filtro anaeróbico de flujo ascendente, cumple con casi todos los parámetros pedidos por la ley, pero tiene deficiencia en remoción de materia orgánica medida como DBO5.

A nivel nacional

García T. (2012) En su trabajo titulado “Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas” concluye lo siguiente:

El periodo de estancamiento en el Sistema por Tandas abarcó 13 días. La capacidad de remoción de la turbiedad fue de 52% en el Control, en el reactor con Lenteja de Agua de un 72%, y en el reactor con *Jacinto de Agua* en un 65%.

Con respecto al parámetro de Oxígeno Disuelto, solo hubo presencia de remoción en un 73% en el reactor cubierto con *Jacinto de Agua*, mientras que para el Control y Lenteja de Agua existió un incremento de 35% y 24% respectivamente.

En el sistema continuo, el tiempo de retención en cada reactor fue de 2.5 días, haciendo un total de 5 días en los dos reactores.

La remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO5 fue del 96.7% y la capacidad de remoción de nutrientes fluctuó de un 50% a un 100%, con un periodo de retención de 5 días utilizando *Lemna Minor*.

El tratamiento con *Eichhornia crassipes* mostró una remoción de nutrientes que osciló entre los 52% al 86% con un periodo de retención de 5 días; mientras que el parámetro microbiológico DBO5 presentó una remoción de 26.7% en un periodo de retención de 2.5 días.

Se comprueba que la eficiencia de la especie es afectada por los periodos de cosecha; ocasionando a la vez incremento de sedimentos y elevación de la concentración de otros parámetros por los procesos de descomposición que se dan en el medio acuático. La precipitación también ocurre en una laguna con plantas acuáticas. Los compuestos en solución y otras, como el Fosfato combinado con Calcio que precipita como Fosfato de Calcio. Además, la disminución de la concentración de algas reduce la DBO, DQO, sólidos en suspensión y turbidez.

A nivel regional

Medina A. (2013), En su trabajo denominado “Determinación de la eficiencia del humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en el barranco del sector cruce de Uchuglla, de la ciudad de Moyobamba” concluye lo siguiente.

Los resultados obtenidos de los análisis físicos – químicos y microbiológicos del efluente durante los primeros dos meses y medios de investigación, no cumplieron con los Límites máximos permisibles (Lmp). Pero al tercer mes de investigación la remoción de contaminantes del efluente cumplió con los parámetros establecidos, esto nos permite indicar que el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales es eficiente cuando el Arundo donax está totalmente adaptado al sustrato utilizado.

Rodríguez C. (2011), En su trabajo denominado “Depuración de aguas servidas, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de Moyobamba” concluye lo siguiente:

Eichhornia crassipes, fue la especie más eficiente en el tratamiento de aguas residuales domésticas, debido a las altas remociones alcanzadas en la mayoría de los parámetros como, 85.5% para coliformes Totales, 77.7% para Nitratos, 73.5% para coliformes termo tolerantes, 66.1% para la DBO5, 60% para solidos suspendidos totales; además esta especie es de fácil adaptación.

Aplicando las especies *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* como tratamiento biológico para las aguas servidas y grises, si se obtiene agua de buena calidad que pueden ser destinadas para riego de vegetales de tallo bajo y de tallo alto.

1.2 Bases teóricas

Aguas grises.

Las aguas grises son aguas provenientes de las lavadoras, regaderas, tinajas y lavabos. Son aguas residuales que tuvieron un uso ligero, que pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias, pero que están suficientemente limpias para regar las plantas. Las aguas grises representan el 80% del total de aguas negras generadas en los hogares, producto de muchas actividades cotidianas como el lavado de las personas, la limpieza del hogar, el lavado de trastes, de utensilios de cocina y de ropa.

En algunos lugares, el agua de la tarja de la cocina es considerada aguas grises, mientras que en otros lugares es clasificada como “aguas negras” lo mismo que el agua del inodoro. El agua proveniente del inodoro, así como el agua del lavado de pañales, no debe ser considerada aguas grises. (Allen 2105)

Tratamiento de aguas grises

Existen diferentes tratamientos para filtrar estos fluidos que sirven como nutrientes y reducen el uso del agua potable. Su reutilización puede determinar un ahorro considerable del agua potable: entre el 40 y el 45%.

Al emplear estas aguas recicladas, debe tenerse en cuenta que aunque no poseen los contaminantes de las aguas negras, pueden contener bacterias, por lo cual requieren de tratamientos controlados y no son recomendables para regar repollos o lechugas. En Nicaragua la falta de Sistemas de Alcantarillado Sanitario convencionales, la falta de ampliación de los existentes y el crecimiento poblacional en localidades urbanas por el acceso al trabajo, han ocasionado que exista una mayor demanda de otras opciones de Saneamiento, lo que ha impulsado avances muy exitosos como los sistemas de Biofiltro en localidades mayores de 3000 habitantes y en los hogares (Biofiltro domiciliar). (Schutze, 2010).

Etapas en el tratamiento de aguas grises.

a. Tratamiento primario o pretratamiento:

El tratamiento primario es una operación previa al biofiltro, que consiste en separar el material flotante grueso y el material sedimentable. Los recipientes utilizados usualmente son tanques plásticos, que trabajan como separadores de grasa, cuyo volumen está en dependencia del caudal de aguas grises a tratar. Se pueden utilizar uno o más recipientes para asegurar una mayor remoción. Los materiales sedimentables son decantados situándose en la parte inferior del tanque, por diferencia de pesos específicos. De esta manera se producirá una separación de grasas y detergentes que obligara al material flotante a situarse en la parte superior del tanque. (Delgado, 2011).

El tratamiento primario o pre tratamiento tiene el propósito de retener la mayor fracción de los sólidos suspendidos, mediante un tanque de sedimentación que puede ser un tanque séptico de tres cámaras o un tanque Imhoff. Cuando estos tanques se cierran, puede instalarse un filtro de biogás para eliminar los olores desagradables. (Cáceres, 2006).

b. Tratamiento biológico (biofiltros).

El biofiltro consiste en una zanja, excavada a mano e impermeabilizada en las paredes, conteniendo un lecho filtrante que puede ser de grava, piedra volcánica o cualquier otro material que tenga características similares. Dentro del sustrato se da un proceso biológico realizado por bacterias que se encuentran naturalmente dentro del mismo, así como en las raíces de las plantas, las cuales fijan y degradan nutrientes contenidos tanto en el agua como en el mismo suelo.

Durante el recorrido que realizan las partículas de agua, que dura normalmente varios días, el agua residual está en contacto con zonas aerobias y anaerobias, lo que permite la degradación de microbiológica y procesos fisicoquímicos. Las zonas aerobias son provistas por las raíces de las plantas al inyectar oxígeno por procesos naturales; las zonas anaerobias con las zonas alejadas a las raíces de las plantas y que generan lugares propicios para el desarrollo de la película bacteriana. (Delgado, 2011).

c. Disposición final de las aguas (vertido o aprovechamiento).

En el sistema de biofiltro se encuentra la disposición final del agua tratada. Esta agua, por presentar ausencia de gran parte del material orgánico y por tener características claras y sin turbidez, permite a la familia su reutilización como agua de riego, lavado o limpieza. Esta agua también puede ser infiltrada para recarga de acuífero. (Guevara, 2010).

Incorporando el sistema de filtros-jardinera, se puede reutilizar hasta un 70% del agua que ingresa al filtro. El agua sale mucho más limpia que cuando ingresó al filtro y puede ser utilizada para riego de árboles, jardines o plantas de ornato. Del 30% restante, las plantas utilizan una parte para su crecimiento y evaporan otra. (Buenfil, 2010).

Actividades de operación y mantenimiento:**En el Tanque Sedimentador**

Remoción manual de la nata que se forma en el área de las ventosas del tanque, utilizando una pala o un pascón cada 15 días.

Remoción de la nata flotante que se forma en las cámaras de sedimentación, retenida por la pared deflectora colocada al final de dichas cámaras. Se realiza una vez al mes con la ayuda de un paicón y carretilla.

Remoción del lodo acumulado en el fondo del tanque según la frecuencia establecida en el diseño (generalmente seis meses), por medio de la apertura de las válvulas de la tubería de extracción de lodo que generalmente se conectan a la pila de secado. Si no hubiera válvulas de limpieza, se puede utilizar una bomba de semisólidos o una cisterna para efectuar esta operación. La excesiva generación de olores en esta pila puede ser controlada con cal. (Cáceres, 2010).

En los sistemas promovidos usualmente se utilizan dos tanques separadores de grasa con el fin de asegurar una mayor remoción. Esta etapa es primordial para el buen funcionamiento del sistema, ya que evita que partículas mayores lleguen al biofiltro. El mantenimiento rutinario para este proceso consiste en el retiro de los sólidos y grasas atrapados en los tanques. La frecuencia del mantenimiento depende de los volúmenes de agua descargados y de la cantidad de sólidos presentes, por lo general se recomienda hacerlo de una a dos veces por semana. (Delgado, 2011).

Para evitar olores la trampa de grasas debe contar con una tapa que permita, a su vez, la aeración. El buen funcionamiento de este sistema requiere que se remueva la nata de grasa una vez al mes, utilizando una coladera. Una vez hecho esto, se puede enterrar la nata o incorporarla a la composta. Para remover los sólidos acumulados, es necesario vaciar el agua de la trampa con una cubeta y aplicarla al filtro. Posteriormente, se quitan los sólidos con un cucharón o una palita. Los sólidos también se pueden integrar a la composta o enterrarse. Esta actividad se puede hacer cada dos o tres meses. (Buenfil, 2010).

En el Biofiltro

Remoción de los flóculos sedimentados en el canal de distribución una vez por mes y reposición de la cubierta de madera cuando se encuentra en mal estado, actividad que tarda 30 minutos.

Corte de plantas en función de su ciclo vegetativo y limpieza de la superficie del lecho filtrante después del corte, con la ayuda de machete y rastrillo. (Cáceres, 2010).

El mantenimiento del filtro es como el de una jardinera normal. Las plantas se deben podar regularmente, pues, al podarlas, absorben más nutrientes para desarrollar nuevas ramas y hojas. Eventualmente, en un período de 5 a 10 años, el filtro se puede obstruir con la acumulación de sólidos. Cuando esto sucede, se puede apreciar que el agua desborda por la parte superior del filtro en vez de fluir por el tubo de salida. Esto indica que el material filtrante saturado (piedra chancada) debe cambiarse por material nuevo. Se puede intentar primero reemplazar la sección de material en la entrada y observar si el flujo mejora. De no ser así, habrá que reemplazar todas las secciones. (Buenfil, 2010).

Biofiltro domiciliario o Biojardinera.

El biofiltro domiciliario es un sistema que imita a los humedales (pantanos) naturales, donde las aguas residuales se depuran por procesos naturales, son humedales artificiales de flujo subterráneo, diseñados para maximizar la remoción de los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales, son pilas de poca profundidad rellenas con un material que sirve como lecho filtrante, en cuya superficie se siembran plantas de pantano, y en las que las aguas residuales pre tratadas fluyen en sentido horizontal. (Cáceres, 2006).

Un biofiltro es construido para tratar las aguas grises por la biofiltración, que combina la acción de retención mecánica de un material filtrante y de transformación biológica de los contaminantes retenidos en el agua que se pretende tratar, eliminando una cantidad significativa de contaminantes antes de llegar al agua subterránea, río o humedal natural.

El sistema puede ser construido para una sola casa o un grupo de casas. Las dimensiones de los sistemas varían según los volúmenes de agua a tratar.

Las aguas grises contienen nitratos, fosfatos, jabones, sal, bacterias, espumas, partículas de alimentos, materia orgánica, sólidos suspendidos, perfumes y colorantes. Las aguas grises se originan de los hogares, de las escuelas y de todo lugar donde se use el agua con fines de limpieza, excluyendo las excretas. Son producto de lavaderos, baños, lavamanos y otros usos domésticos. Los biofiltros domiciliarios son una manera sostenible para la remoción de los contaminantes contenidos en las aguas grises. (Delgado, 2011).

Son áreas que se encuentran saturadas por aguas superficiales o subterráneas con una frecuencia y duración tales, que sean suficientes para mantener condiciones saturadas. Suelen tener aguas con profundidades inferiores a 60 cm con plantas emergentes como espadañas, carrizos y juncos. La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar. (Arana, 2010).

El objetivo de la biojardinera es limpiar el agua. Una vez limpia la podemos reutilizar en el riego de nuestros jardines, del patio, entre otros, también infiltrándola por medio de un drenaje o descargándola en algún curso natural que exista en las cercanías, por ejemplo, un río o acequia. También con las plantas sembradas podemos hacer arreglos florales o artesanías, entre otras actividades. (Marín, 2010).

Entre las ventajas de la biojardinera tenemos:

- No necesita de equipos de bombeo, ya que funciona por gravedad.
- El mantenimiento es sencillo, el cual consiste en retirar grasas y sólidos en el tratamiento primario.
- El agua se puede reutilizar para riego de jardines y otros usos.
- Las plantas que crecen en la biojardinera se pueden aprovechar. (Alianza por el agua).

Funcionamiento de un biofiltro:

El biofiltro se compone de 3 fases:

1. **Una fase sólida:** un material granular (arcilla expandida, diámetro de 2 a 6 mm) ejerce la función de refuerzo de la proliferación bacteriana y permite la retención de las MES mediante filtración. Dicho soporte granular debe poseer una redícula microporosa considerable para la obtención de una superficie específica elevada, debe ser resistente a la abrasión y debe retener las partículas.
2. **Una fase líquida:** las aguas que se han de depurar.
3. **Una fase gaseosa:** La insuflación de aire en la masa filtrante, necesaria para la degradación aeróbica de la materia orgánica.

Los mecanismos reactivos que se activan en una unidad de biofiltración son los siguientes. En primer lugar, se efectúa de forma natural una separación física mediante el paso de las aguas a través de la guarnición del biofiltro. De este modo, las MES se retienen y se acumulan en el volumen intersticial disponible.

Paralelamente, entra en juego la actividad metabólica de los microorganismos fijados en desarrollo continuo en el soporte granular. Se produce una biodegradación de la contaminación carbonada acompañada, si es necesario, de una eliminación de la contaminación nitrogenada. (Sekoulov, 2009).

Las aguas grises entran al humedal por la gravedad y son filtradas primero por procesos mecánicos. Las plantas del humedal transfieren oxígeno a la zona sumergida de la raíz, que permite la degradación biológica de contaminantes y materias orgánicas por microbios. La eficiencia de la eliminación varía, pero generalmente el humedal puede eliminar una buena porción de los contaminantes de las aguas grises. El efluente de un sistema debe ser monitoreado para determinar la eficiencia aproximada de eliminación. (Yocum, 2009)

En un inicio, las aguas grises se reciben en una trampa de grasas. La trampa tiene dos funciones: retener las grasas, que forman una nata en la superficie del agua, y sedimentar los sólidos, que se asientan en el fondo.

El agua previamente tratada sale de la trampa de grasas y se dirige hacia una jardinera impermeable que cuenta con tres secciones. Las secciones de entrada y salida están rellenas de tezontle y sirven para distribuir el agua uniformemente cuando ésta entra y sale del filtro. La sección central o intermedia se rellena de arena mezclada con tierra y es donde se siembran las plantas de pantano.

En esta sección se atrapan los sólidos más pequeños y el agua fluye lentamente, lo que aumenta el tiempo de retención del filtro. Este factor es muy importante ya que entre más tiempo pase el agua dentro del filtro, mayor será su tratamiento. (Buenfil, 2010).

Componentes principales de un biofiltro:

a) Lecho filtrante:

Sus funciones principales son eliminar los sólidos que contienen las aguas pretratadas y proporcionar la superficie donde se desarrollarán los microorganismos que se encargarán de degradar aeróbica y anaeróbicamente la materia contaminante, además de constituir el medio utilizado por las raíces de las plantas macrófitas para su fijación y desarrollo.

Los materiales utilizados son grava, piedra triturada o piedra volcánica.

La acumulación de sólidos mineralizados provocará la disminución del volumen de los poros en el lecho filtrante y eventualmente será necesario remover la parte inicial del material después de dos a tres años de operación. (Cáceres, 2010).

b) Plantas

Las funciones que cumplen las plantas en los procesos de tratamiento de aguas residuales las convierten en componente esencial del biofiltro. Así, las raíces de las plantas ayudan a incrementar los efectos físicos tales como la filtración y el desarrollo de los microorganismos en su área superficial. La introducción de oxígeno en el lecho filtrante permite la formación de una población microbiana aeróbica en zonas cercanas a las raíces de las plantas. (Cáceres, 2010).

Suministran oxígeno al suelo y mantienen un ambiente adecuado para el crecimiento de bacterias. La superficie de las raíces ofrece protección a los microorganismos. Mantienen la capacidad hidráulica del suelo. Consumen de nutrientes (N y P) y concentran en sus tallos y hojas ciertos metales pesados. (Arana, 2010).

Las plantas crecen entre las piedras, con sus raíces extraen materia orgánica y nutriente (compuestos con nitrógeno o fósforo) que estén contenidos en las aguas bajo tratamiento. También por medio de las raíces, esas plantas permitirán la inyección de oxígeno en esa agua y podrán provocar evapotranspiración (agua saliendo por evaporación, al intervenir la acción del sol o la misma respiración que pueden llevar acabo las plantas).

Las plantas para iniciar con su funcionamiento requieren de al menos 4 meses, porque deben adaptarse al medio.

Las plantas para sembrar en una biojardinera son aquellas que normalmente viven en agua, en zonas de pantano que tengan raíces largas. Algunas dan flores, otras solo dan su verde follaje. Se presenta una lista de plantas adecuadas para la biojardinera. (Ver cuadro 2). (Marín, 2010).

c) Microorganismos

El papel principal de los microorganismos es degradar aeróbicamente (en presencia de oxígeno) y anaeróbicamente (en ausencia de oxígeno) la materia orgánica contaminante contenida en las aguas residuales, con lo cual la putrescibilidad en el biofiltro se reduce significativamente.

Los sólidos orgánicos suspendidos asociados con las aguas residuales entrantes se acumulan, pero son retenidos dentro del lecho filtrante por un largo tiempo y los constituyentes orgánicos son mineralizados por las bacterias. Los microorganismos también permiten la remoción de nitrógeno mediante el mecanismo de nitrificación–desnitrificación. (Cáceres, 2006)

Generalidades de las especies en estudio:

a. Heliconia sp:

El nombre de “heliconia” deriva del nombre helicón, montaña ubicada al sur de Grecia, conocida como el hogar de las musas. En el Perú está representada por 35 especies, de las cuales 7 son endémicas.

Heliconia Rostrata. “Pico de loro”, “situlli”. Especie herbácea endémica, musoide de unos tres metros de alto, que habita en zonas inundables y riveras de los ríos con aguas “blancas” de la ceja de selva u selva baja de nuestro país. Ampliamente cultivada como ornamental. Hojas usadas para envoltura y para techar. (Mostacero 2002).

Las heliconias son plantas monocotiledóneas, herbáceas, perennes, con rizoma simpodialmente ramificado (emite brotes o vástagos) y un pseudotallo aéreo, erecto, formado por un eje recubierto por las bases de hojas alternas que se solapan (posición dística). Constituyen un género de plantas de grandes dimensiones, con hojas de nervadura pinnada, cuyos nervios se prolongan paralelos hacia los bordes del limbo; esta característica y la ausencia de un tejido de refuerzo en los márgenes, hacen que ellos se desgarran en forma típica de lacinias. Su verdadero tallo está constituido por un vigoroso rizoma provisto de yemas vegetativas y abundantes, largas y fuertes raíces fibrosas.

La inflorescencia resulta extremadamente interesante y llamativa, de 35 a 50 cm de longitud, es una cima terminal helicoide erecta (encima de las hojas o entre ellas) o péndula. Está formada por un pedúnculo y estructuras modificadas en forma de hoja, llamadas brácteas cincinales, distribuidas a lo largo de un raquis rígido o flexible, en forma dística o espiral con ángulo de inserción variable. Dentro de cada bráctea hay un número variable de flores hermafroditas dispuestas de forma alterna a lo largo de un eje, cada una de ellas protegida por una bráctea floral. La estructura exótica y el colorido de las brácteas cincinales de estas inflorescencias constituyen el principal atractivo ornamental de las heliconias, ya que las verdaderas flores y brácteas florales

(blancas, verdes o pálidas) solo a veces contribuyen a su valor estético, pero otras son poco vistosas. (Jerez 2007)

Nomenclatura:

La heliconia se encuentra dentro de la siguiente clasificación sistemática:

(Leal 2012)

Tabla 1

Generalidades *Heliconia sp*

Planta	
Nombre científico	<i>Heliconia rostrata</i> <i>Ruiz & Pavon</i>
Nombre común y/o vulgar	“Pico de loro”
Nombre en lengua nativa (cubeo)	Odaka
Familia	<i>Heliconiaceae</i>
Hábito	<i>Musoide</i>
Altura	2.5 – 4m
Inflorescencia	
Hábito	Pendular
Orientación	Dística
Brácteas	8 – 35 rojas, amarillas y verdes
Información comercial	
Distancia entre plantas	2 m x 3 m
Inflorescencias por planta / año	40
Número de meses entre la siembra y la floración	10
Peso promedio / rizoma	300 gr
Peso promedio /inflorescencia	650 gr
Días de vida después del corte	12 días (flor)
Hábito de crecimiento del tallo	Compacto
Usos potenciales	Protección de fuentes de agua, paisajismo, planta ornamental

Propagación y plantación:

Las “*heliconias*” se propagan usualmente de manera natural a través del desarrollo de las yemas vegetativas presentes en su tallo rizomatoso. Los pseudotallos se cortan a 15-30 cm de la base y los rizomas se dividen en secciones con uno a dos tallos.

Aunque los rizomas pueden plantarse directamente en el suelo, es preferible hacerlo en contenedores.

Para la plantación prefieren los suelos ácidos, aunque algunos cultivares soportan también los ligeramente alcalinos. (Jerez 2007).

b. *Alpinia purpurata*.

Alpinia purpurata es una planta perenne, rizomatosa de la familia Zingiberaceae conocida en inglés como “Red Ginger”. Esta se produce muy bien en climas tropicales húmedos y es cotizada en el mercado de las flores por su belleza, apariencia exótica y durabilidad en arreglos florales. (Ostos A., 2006).

Nomenclatura

La *Alpinia* se encuentra dentro de la siguiente clasificación sistemática: (Leal 2012).

Tabla 2

Generalidades Alpinia sp

Planta	
Nombre científico	<i>Alpinia purpurata</i>
Nombre común y/o vulgar	“Platanillo (rojo)”
Nombre en lengua nativa	Vea kaveboa
Familia	<i>Zingiberaceae</i>
Hábito	<i>Zingiberoide</i>
Altura	1.2 – 2.5 m
Inflorescencia	
Hábito	Erecta
Orientación	
Brácteas	35 – 95 rojas
Información comercial	
Distancia entre plantas	1.5 m x 3 m
Inflorescencias por planta / año	50
Número de meses entre la siembra y la floración	8
Peso promedio / rizoma	130 gr
Peso promedio /inflorescencia	200 gr
Días de vida después del corte	10 días (flor)
Hábito de crecimiento del tallo	Compacto
Usos potenciales	Protección de fuentes de agua, paisajismo, planta ornamental

Propagación y plantación:

La propagación de la planta se realiza de forma asexual, a través de brotes desarrollados en la inflorescencia. Es recomendable que las cepas o bulbos, llamadas comúnmente plantas madres presenten buenas raíces para que tenga éxito la siembra. En caso de no existir raíces se recomienda sumergir los bulbos en soluciones de fungicidas para su desinfección. Una vez realizada las labores de pre siembra se procede a la siembra de los bulbos, regularmente se hacen hoyos de 0.20 x 0.20 m, luego se colocan los bulbos con los puntos de crecimiento hacia arriba; después se cubren con una capa delgada de tierra. (Ostos 2006)

Tabla 3

Límites máximos permisibles para efluentes de ptar

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/l	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	200
pH	unidad	6.5 - 8.5
Sólidos totales en suspensión	ml/l	150
Temperatura	C°	<35

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAN

Tabla 4

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría 3 – subcategoría D1

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido
Aceites y grasas	mg/L	5	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	
Temperatura	°C	Δ3	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	2000

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

1.3. Definición de términos básicos

Afluente: Incorporación de caudal aportado por uno más cauces (efímero o no) hacia otro de mayor envergadura.

DBO5: Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para degradar la materia orgánica durante 5 días expresada en mgO₂/l

DQO: Mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida.

Efluente: Descarga de una planta de tratamiento o sistema de alcantarillado hacia la red pública o cuerpo receptor.

LMP: Miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva que al exceder causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Para la ejecución del presente proyecto se necesitaron de los siguientes materiales y herramientas:

- Pico. Este material se utilizó para la excavación de las zanjas ubicadas en las huertas de las viviendas donde se instaló los biojardines
- Palana. Sirvió para la limpieza, delimitación y eliminación de tierra de la zanja donde se instaló los biojardines
- Plantas ornamentales. Para el sembrío en los biojardines que cumplieron la función de remover los contaminantes en las aguas grises domesticas
- Recipientes plásticos con tapa(68lt) estos materiales se utilizaron en la etapa de pretratamiento a la entrada de los biojardines para la retención de sólidos y a la salida del biojardin para la reutilización de las aguas residuales
- Tubería PVC, T's sanitarios y codos sanitarios, sirvieron para la conducción del agua residual desde los lavatorios, duchas hasta los biojardines
- Piedra tipo gavión. Este material se utilizó para el relleno de la zanja donde se instalaron los biojardines, sobre este material se sembró las plantas ornamentales de los géneros *Heliconia* y *Alpinia*
- Llaves de paso. Este material se utilizó con la finalidad de evitar obstrucciones en la conducción del agua residual en la tubería PVC

2.2. Métodos

2.2.1. Diseño de investigación

En la investigación se usará el diseño en bloques completos al azar (DBCA), considerando como tratamientos:

- T₁ : Remoción de contaminantes *con Heliconia sp*
- T₂ : Remoción de contaminantes *con Alpinia sp*
- T₀ : Grupo testigo

Asimismo, dada la naturaleza del experimento, se estima conveniente realizar las mediciones cada cierto tiempo. En tal sentido, para controlar este efecto en la remoción de contaminantes será considerado el tiempo como bloque o repeticiones, quedando definido de la siguiente manera:

Bloque I : Remoción al mes

Bloque II : Remoción a los 4 meses

Bloque III : Remoción a los 8 meses

Con estas condiciones, el modelo del diseño quedó de la siguiente manera:

$$X_{ij} = \mu + B_j + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

X_{ij} = Cualquier observación o evaluación

μ = Media general

B_j = Efecto de bloques

T_i = Efecto de Tratamiento

E_{ij} = Efecto del error experimental. Mendiburu F. (2007)

2.2.2. Población y muestra

Población: Está comprendida por el caudal promedio de efluente al día; el cual corresponde a 435.2 litros/día

Para determinar el caudal se tomó en cuenta el caudal generado por una persona para la región selva en un día que es 136 l/habitantes/día. (OEFA 2014).

Posteriormente se multiplicó dicho caudal por cuatro que son el número personas que viven en un domicilio obteniendo 544l/día y finalmente teniendo en cuenta que del total de las aguas residuales generados en un domicilio el 80% corresponden a las aguas grises se calculó el 80% del caudal obtenido:

$$544 \times 80/100 = 435.2 \text{ L/día}$$

Muestra: Estará comprendida por 500 ml del efluente.

2.2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

✓ Selección del sitio:

Para la instalación de los biojardines se seleccionaron viviendas con espacio disponible para la construcción del sistema ya que uno de los objetivos de la presente investigación es tratar las aguas grises generados en los domicilios.

✓ Diseño de la biojardinera:

Dimensiones del biojardín:

Se tomó las dimensiones propuestas en la tabla 5 para 4 personas 120 l/p/día que son las siguientes.

Tabla 5

Dimensiones del Biojardin

Dimensiones	Unidades	Número de personas y consumo de agua por día					
		4 personas 200 l/p/día	4 personas 120 l/p/día	7 personas 200 l/p/día	7 personas 120 l/p/día	10 personas 200 l/p/día	10 personas 120 l/p/día
B	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
L	m	5,00	4,00	9,00	6,00	13,00	8,00
H =	m	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
L ₁ =	m	4,00	3,20	7,20	4,80	10,40	6,40
L ₂ =	m	0,50	0,40	0,90	0,60	1,30	0,80
e =	m	0,05	0,04	0,09	0,06	0,13	0,08
h =	m	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Fuente: Manual para la construcción y mantenimiento de biojardineras. Nicaragua.

Dimensiones del tanque sedimentador:

Para definir el volumen o tamaño de los tanques del pre tratamiento, se tomó en cuenta el tiempo de reposo (2 a 3 días) del agua en el tanque.

El volumen del recipiente que utilizamos fue mayor al volumen real de agua requerido es decir mayor a 120 litros.

✓ Construcción de la biojardinera:

- Estimación de niveles.
- Preparar el terreno para la excavación (limpieza de maleza, piedras, etc).
- Excavación y verificación de medidas.
- Compactación del suelo para evitar infiltración.

- Preparación e instalación de tuberías de entrada y salida del efluente.
- Colocación de piedra gruesa y piedra cuarta en el biojardín.

✓ **Construcción del pre tratamiento:**

- Hacer las excavaciones para la colocación de los tanques.
- Hacer la instalación de la tubería dentro de los recipientes.
- Colocar la chimenea o tubería de ventilación.
- Colocar los recipientes y unir los recipientes con un tubo entre éstos y de éstos con la biojardinera.

✓ **Siembra de plantas**

- Verificar el nivel del agua dentro de la biojardinera.
- En los puntos definidos para la siembra de las plantas escarbamos sobre la piedra desde la superficie hasta encontrar el agua, luego por lo menos 15 cm más abajo del nivel del agua sembramos las plantas con una separación de 40 a 50 cm entre ellas.

✓ **Toma de muestras:**

Para la toma de muestras se seleccionarán dos puntos de muestreo, el primero a la entrada de la biojardinera y el segundo a la salida. La caracterización física – química del agua se realizó en un periodo de evaluación de 8 meses teniendo como punto de partida el día de la siembra de las plantas, las muestras se tomaron al mes, 4 meses y 8 meses; en caso del grupo control (sin plantas) solo se tomó una muestra al primer mes de la instalación del biojardín.

Se tomaron muestras simples que se enviaron al laboratorio para su caracterización.

2.2.4. Técnicas de procedimientos y análisis de datos

Dado que el supuesto básico de la investigación, bajo el experimento en DBCA, se orientó a determinar la cantidad de remoción de contaminantes en aguas grises domésticas, a partir de los biojardines con los géneros *Heliconia sp* y *Alpinia sp*, se asumió el siguiente procedimiento estadístico:

- Se usó el análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos y entre los bloques:

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadros medios	Valor F calculado	Valor F tabulado
Tratamiento	GLT	SCT	CMT	FCT	FTT
Bloques	GLB	SCB	CMB	FCB	FTB
Error	GLE	SCE	CME		
Total	Gtotal				

La decisión respecto a las diferencias significativas se tomó de acuerdo a los siguientes criterios:

Si $F_c > F_t$, entonces existen diferencias significativas entre los tratamientos o bloques, según sea el caso

Si $F_c < F_t$, entonces no existen diferencias significativas entre los tratamientos o bloques, según sea el caso

- Mediante la prueba de Duncan se determinó el tratamiento óptimo para la remoción de contaminantes. Previamente se determinó el error estándar de los promedios y las amplitudes estudiantizadas significativas (AES).

$$S_x = \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

AES	3.93	4.01
$S_x =$		
ALS		

Fuente: Mendiburu F. (2007)

Asimismo, para determinar el tratamiento óptimo se construyó la matriz de diferencias

- ↓	Tratamientos (ordenados de menor a mayor)		
Tratamientos (ordenados de menor a mayor)			
ALS			

Serán considerados como óptimos las diferencias mayores a los ALS los cuales serán marcados con un *. Mendiburu F. (2007)

- Para el cálculo de la eficiencia de remoción de contaminantes se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%Er = (Ci - Cf)/Ci \times 100$$

Dónde:

Er: Eficiencia de remoción.

Ci: Concentración inicial.

Cf: Concentración final.

Mendiburu F. (2007).

- El procesamiento de los datos generó tablas y figuras estadísticas, dicho procesamiento se realizó en forma electrónica, haciendo uso del software estadístico MINITAB.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de los parámetros físico – químicos de las aguas grises (pH, sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, DBO y DQO) y comparación con los LMP y ECA para agua categoría 3 – subcategoría D1

La caracterización de los parámetros físico – químicos de las aguas grises a la entrada de la biojardinera (primer punto de muestreo), se realizó una sola vez y se usó como referencia para estimar la eficiencia de remoción de contaminantes de los dos tratamientos y el grupo control y se muestra a continuación:

Tabla 6

Caracterización de aguas grises domésticas a la entrada de la biojardinera

Lugar de muestreo	Parámetros				
	Sólidos totales en suspensión	Aceites y grasas	Demanda bioquímica de oxígeno	Demanda química de oxígeno	pH
A la entrada de la biojardinera	112mg/l	22mg/l	56mg/l	120mg/l	6.84
LMP	150mg/l	20mg/l	100mg/l	200mg/l	6.8 – 8.5
ECA Riego de vegetales	**	5mg/l	15mg/l	40mg/l	6.5 – 8.5
Bebida de animales		10mg/l			6.5 – 8.4

Nota: El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

La tabla 6, muestra la caracterización de las aguas grises domésticas a la entrada de la biojardinera, se puede observar que a excepción de Aceites y Grasas los parámetros evaluados cumplen con los LMP.

Debido a que se desea reutilizar las aguas grises para el riego de hortalizas y bebida de animales se comparó los resultados obtenidos con los ECA para esta categoría evidenciando que no cumplen con la normativa vigente haciendo necesario un tratamiento.

Biojardín con *Heliconia sp*

a. Caracterización del potencial de hidrógeno (pH).

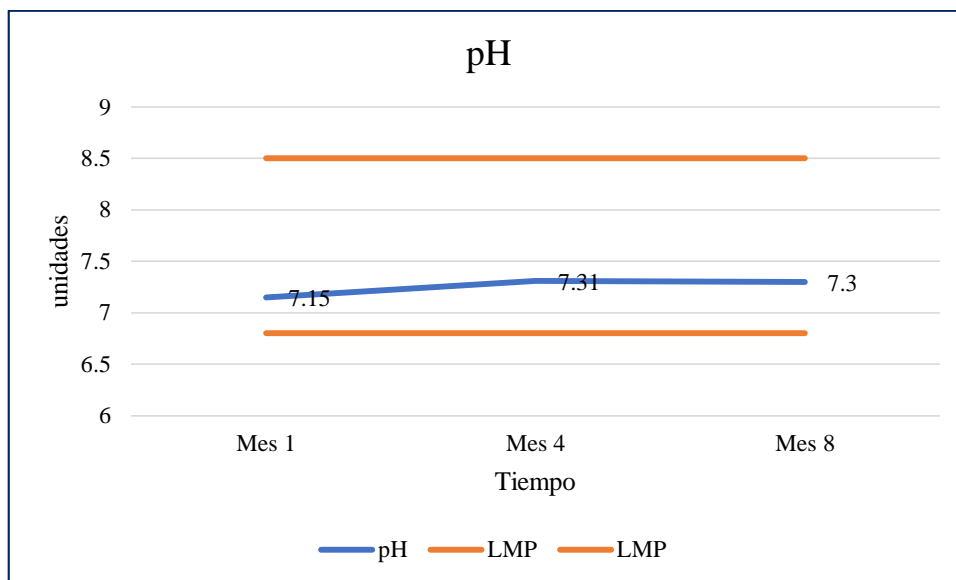


Figura 1: Caracterización de pH y comparación con los LMP – *Heliconia sp*

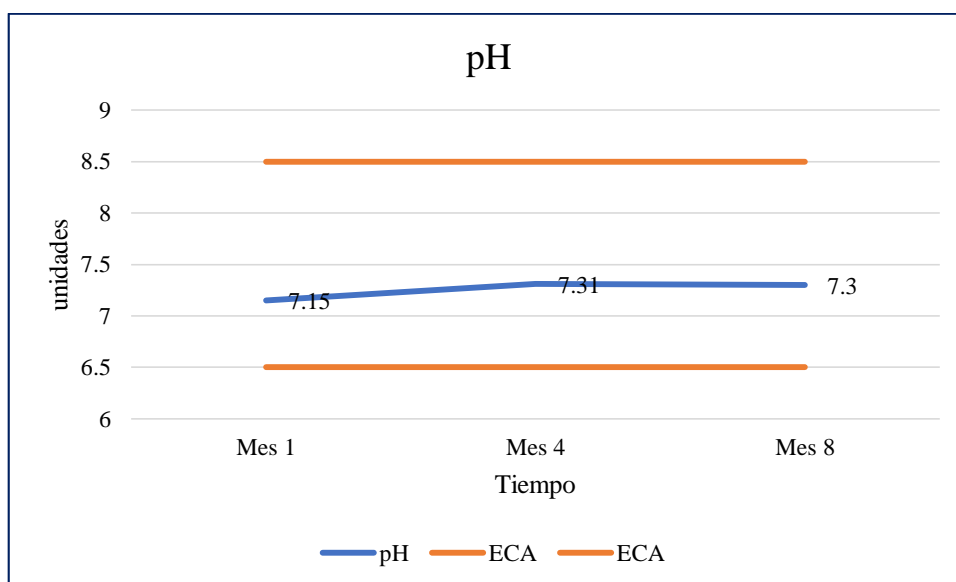


Figura 2: Caracterización de pH y comparación con los ECA – *Heliconia sp*

Las Figuras 2 y 3, muestran los valores obtenidos de pH durante el periodo de evaluación, el primer mes se obtuvo un valor de 7.15 el cual aumentó a 7.32 al cuarto mes y finalmente el octavo se me obtuvo un valor de 7.3.

Se observa que los valores obtenidos durante el periodo de evaluación se ubican dentro de los intervalos establecidos en los Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambiental.

b. Caracterización de Sólidos Totales en Suspensión (SST)

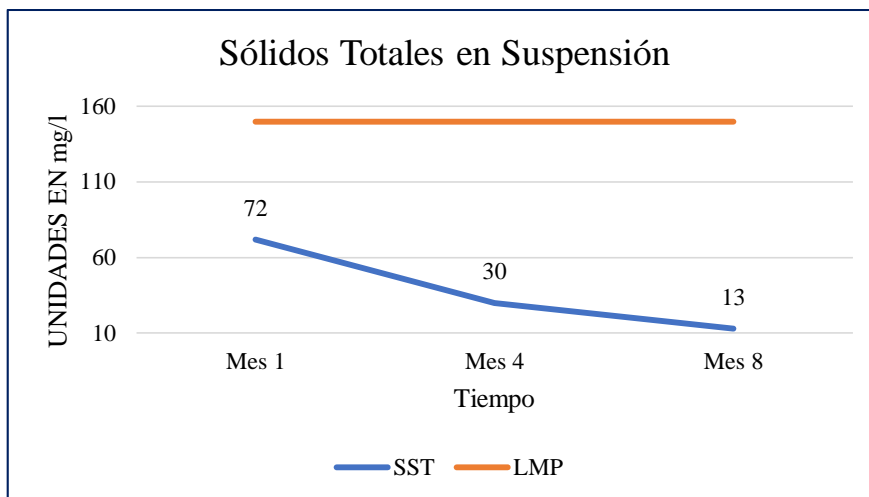


Figura 3: Caracterización de los SST – *Heliconia sp*

La Figura 4, muestra los rangos de concentración de Sólidos Totales en Suspensión en el efluente durante el periodo de evaluación, el primer mes se obtuvo una concentración de 72 mg/l el cual disminuyó a 30 mg/l al cuarto mes y a 13 mg/l el octavo mes.

Se observa que los valores obtenidos no superan los LMP durante el periodo de evaluación.

Los Estándares de Calidad Ambiental no aplican para este parámetro.

c. Caracterización de Aceites y Grasas

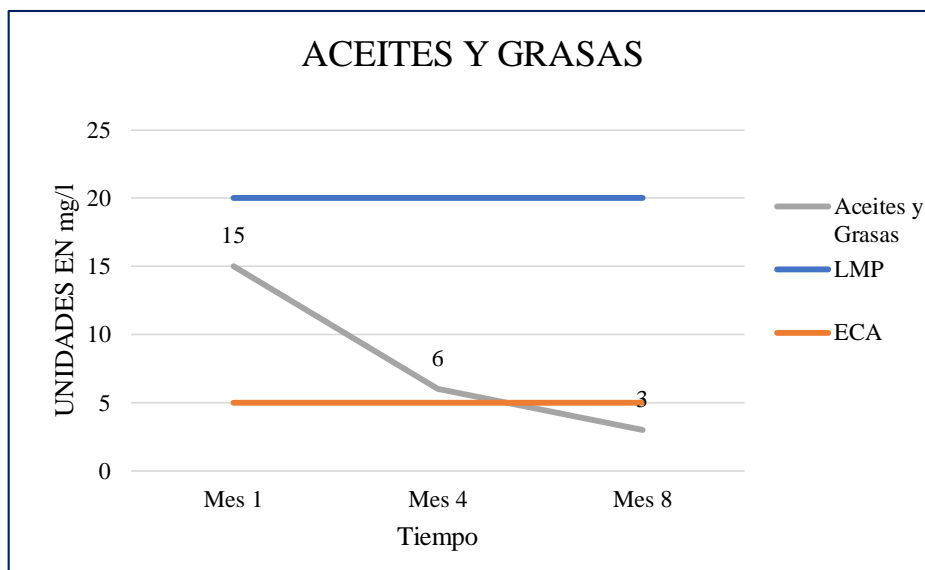


Figura 4: Caracterización de Aceites y Grasas – *Heliconia sp*

La Figura 5, muestra los rangos de concentración de aceites y grasas en el efluente durante el periodo de evaluación, el primer mes se obtuvo una concentración de 15 mg/l el cual disminuyó a 6 mg/l el cuarto mes y a 3 mg/l el octavo mes.

Se observa que los valores obtenidos no superan los LMP durante el periodo de evaluación.

En cuanto a los Estándares de Calidad Ambiental se puede observar que solo el mes 8 cumple con la norma, sin embargo, es importante mencionar que el valor obtenido el cuarto mes sólo sobrepasa al valor estipulado en la norma en 1mg/l.

d. Caracterización de la DBO5

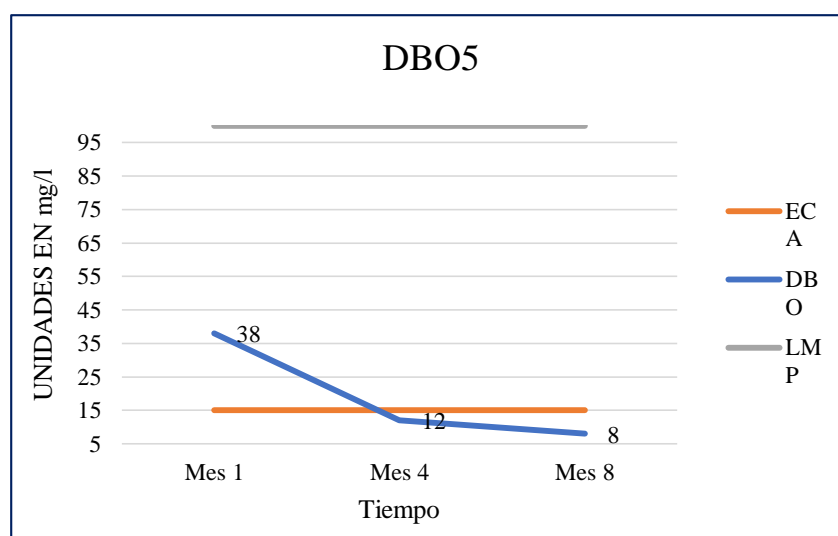


Figura 5: Caracterización de la DBO5 – *Heliconia sp*

La Figura 6, muestra los rangos de concentración de la DBO5 en el efluente durante el periodo de evaluación, el primer mes se obtuvo una concentración de 38 mg/l el cual disminuyó a 12 mg/l al cuarto mes y a 8 mg/l el octavo mes.

Se observa que los valores obtenidos no superan los LMP durante el periodo de evaluación.

En cuanto a los Estándares de Calidad Ambiental se puede observar que a partir del mes 4 en adelante se cumple con lo establecido en la norma.

e. Caracterización de DQO

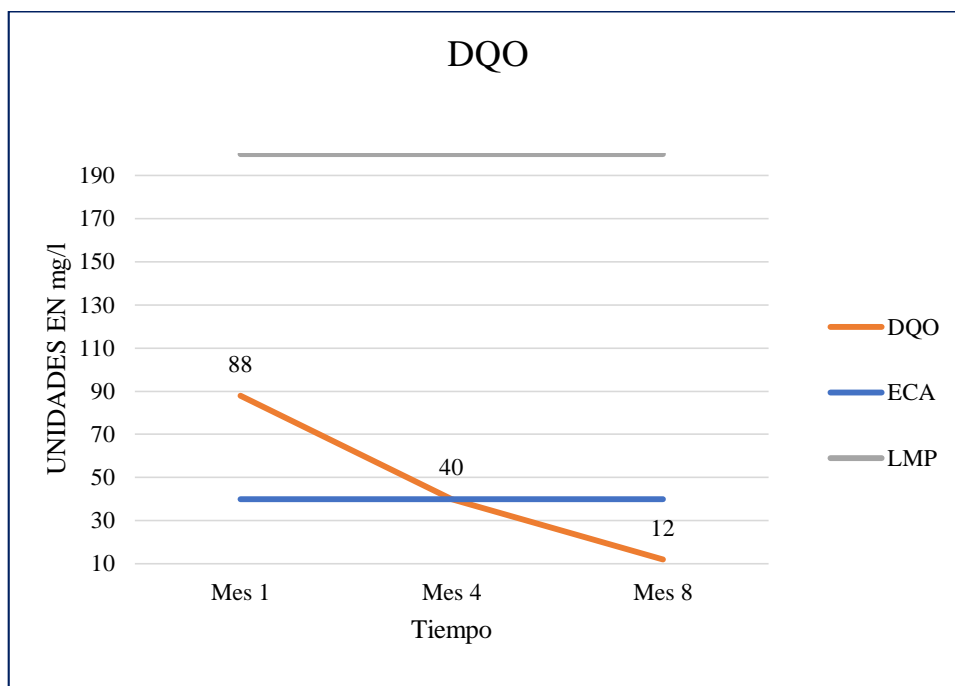


Figura 6: Caracterización de la DQO – *Heliconia sp*

La Figura 7, muestra los rangos de concentración de la DQO en el efluente durante el periodo de evaluación, el primer mes se obtuvo una concentración de 88 mg/l el cual disminuyó a 40 mg/l al cuarto mes y a 12 mg/l el octavo mes.

Se observa que los valores obtenidos no superan los LMP durante el periodo de evaluación.

En cuanto a los Estándares de Calidad Ambiental se puede observar que a partir del mes 4 en adelante se cumple con lo establecido en la norma, cabe mencionar que el valor obtenido en el mes cuatro es igual al valor establecido en la norma 40 mg/l.

Biojardín con *Alpinia sp*

a. Caracterización del potencial de hidrógeno (pH).

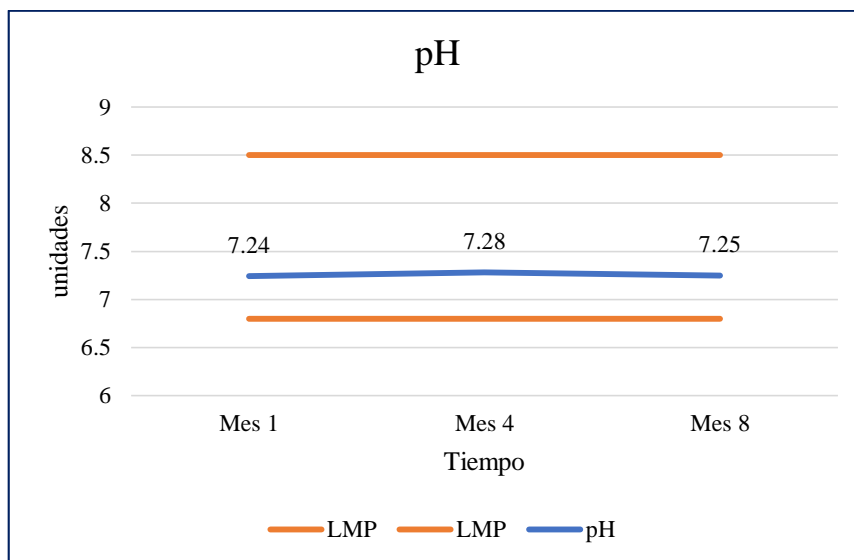


Figura 7: Caracterización de pH y comparación con los LMP – *Alpinia sp*

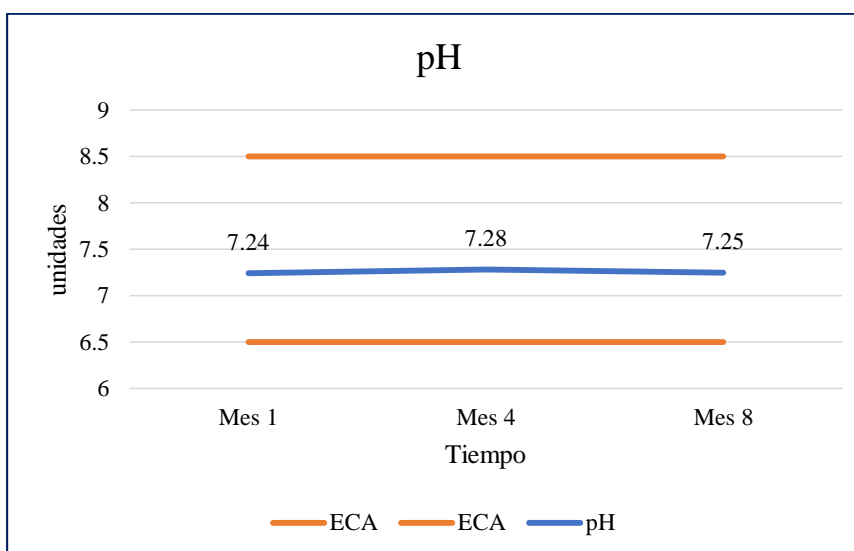


Figura 8: Caracterización de pH y comparación con los ECA – *Alpinia sp*

Las Figuras 8 y 9, muestran los valores obtenidos de pH durante el periodo de evaluación, el primer mes se obtuvo un valor de 7.24 el cual aumentó a 7.28 al cuarto mes y finalmente el octavo mes se obtuvo un valor de 7.25

Se observa que los valores obtenidos durante el periodo de evaluación se ubican dentro de los intervalos establecidos en los Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambiental.

b. Caracterización de Sólidos Totales en Suspensión (SST)

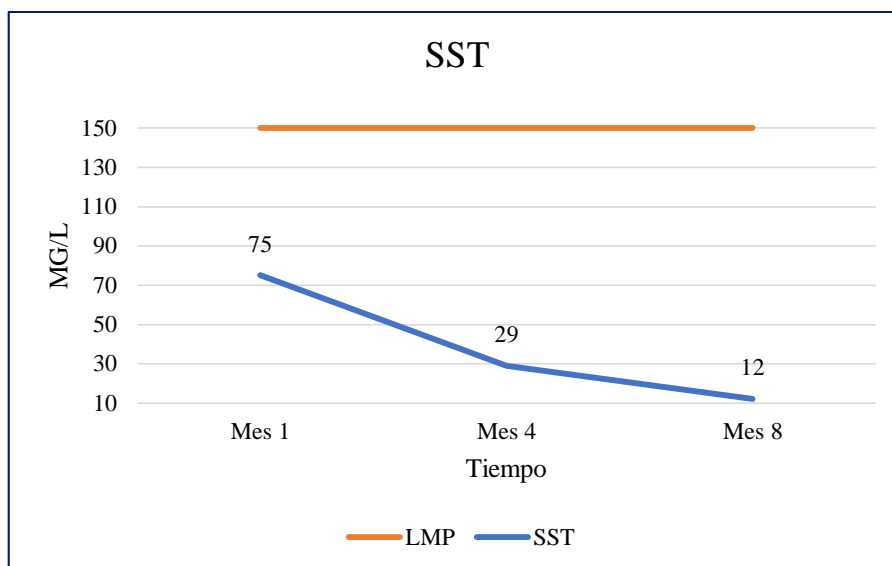


Figura 9: Caracterización de los SST – *Alpinia sp*

La Figura 10, muestra los rangos de concentración de Sólidos Totales en Suspensión en el efluente durante el periodo de evaluación, el primer mes se obtuvo una concentración de 75 mg/l el cual disminuyó a 29 mg/l al cuarto mes y a 12 mg/l el octavo mes.

Se observa que los valores obtenidos no superan los LMP durante el periodo de evaluación.

Los Estándares de Calidad Ambiental no aplican para este parámetro.

c. Caracterización de Aceites y Grasas

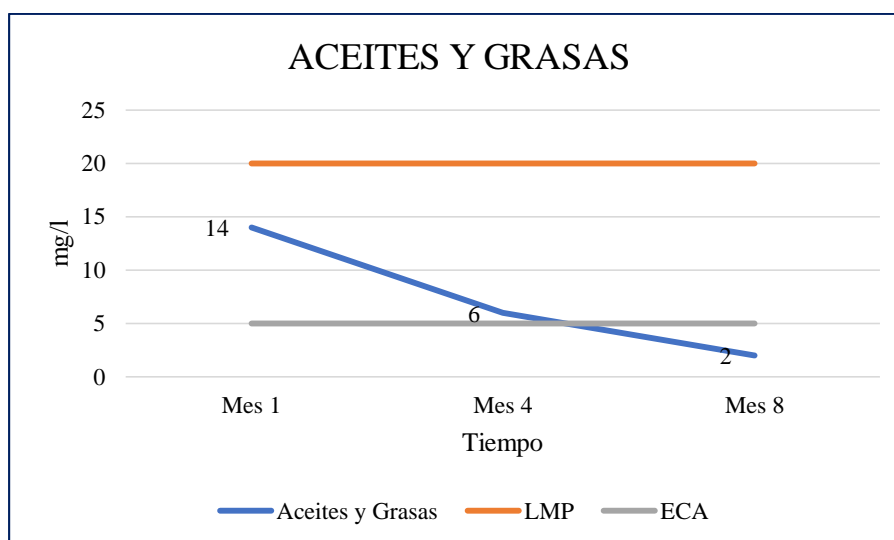


Figura 10: Caracterización de Aceites y Grasas – *Alpinia sp*

La Figura 11, muestra los rangos de concentración de aceites y grasas en el efluente durante el periodo de evaluación, el primer mes se obtuvo una concentración de 14 mg/l el cual disminuyó a 6 mg/l el cuarto mes y a 2 mg/l el octavo mes.

Se observa que los valores obtenidos no superan los LMP durante el periodo de evaluación.

En cuanto a los Estándares de Calidad Ambiental se puede observar que solo el mes 8 cumple con la norma, sin embargo, es importante mencionar que el valor obtenido el cuarto mes sólo sobrepasa al valor estipulado en la norma en 1mg/l.

d. Caracterización de DBO5



Figura 11: Caracterización de la DBO5 – *Alpinia sp*

La Figura 12, muestra los rangos de concentración de la DBO5 en el efluente durante el periodo de evaluación, el primer mes se obtuvo una concentración de 40 mg/l el cual disminuyó a 13 mg/l al cuarto mes y a 6 mg/l el octavo mes.

Se observa que los valores obtenidos no superan los LMP durante el periodo de evaluación.

En cuanto a los Estándares de Calidad Ambiental se puede observar que a partir del mes 4 en adelante se cumple con lo establecido en la norma.

e. Caracterización de DQO

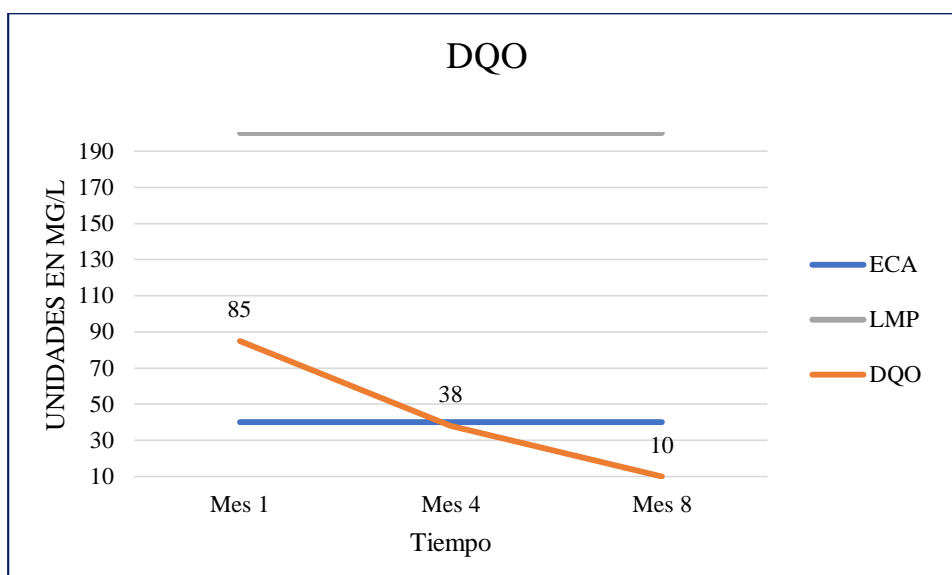


Figura 12: Caracterización de la DQO – *Alpinia sp*

La Figura 13, muestra los rangos de concentración de la DQO en el efluente durante el periodo de evaluación, el primer mes se obtuvo una concentración de 85 mg/l el cual disminuyó a 38 mg/l al cuarto mes y a 10 mg/l el octavo mes.

Se observa que los valores obtenidos no superan los LMP durante el periodo de evaluación.

En cuanto a los Estándares de Calidad Ambiental se puede observar que a partir del mes 4 en adelante se cumple con lo establecido en la norma.

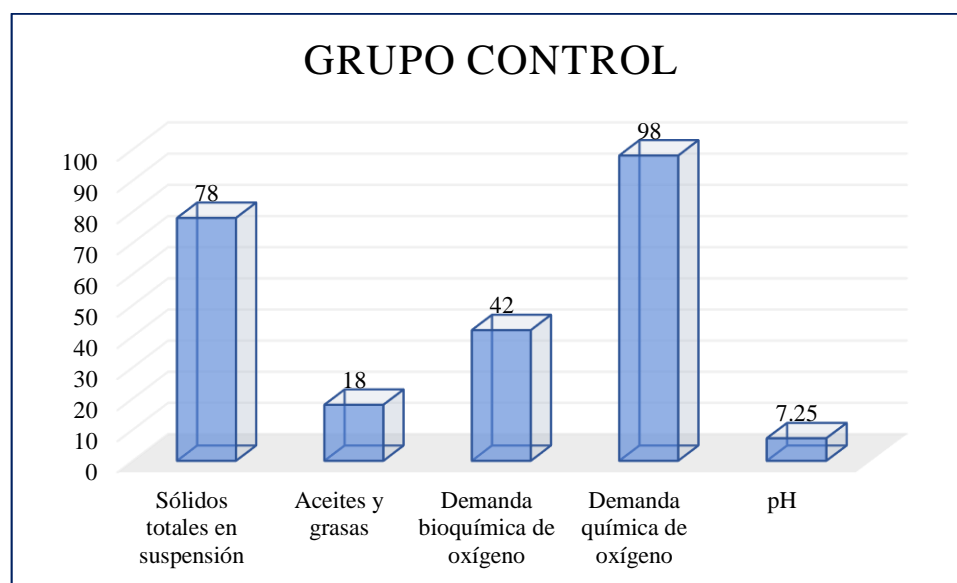
Biojardin sin Plantas (Grupo Control)

En el caso del grupo control ya que no se sembraron plantas la concentración de los parámetros evaluados no variarán de manera significativa durante el periodo de evaluación por lo cual solo se tomó una muestra el mes 1 luego de haber sido instalado el biojardin.

Tabla 7*Caracterización de aguas grises domésticas en el grupo control*

Lugar de muestreo	Parámetros				
	Sólidos totales en suspensión	Aceites y grasas	Demanda bioquímica de oxígeno	Demanda química de oxígeno	pH
Mes 1	78mg/l	18mg/l	42mg/l	98mg/l	7.25
LMP	150mg/l	20 mg/l	100mg/l	100mg/l	6.8 – 8.5
ECA	**	5mg/l	15mg/l	40mg/l	6.5 - 8.5

Nota: El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

**Figura 13:** Caracterización de aguas grises domésticas en el grupo control

En la tabla 7 y figura 14, se muestra la caracterización de las aguas grises domésticas tratadas en el grupo control, deduciéndose lo siguiente:

Los valores obtenidos no sobrepasan los Límites Máximos Permisibles.

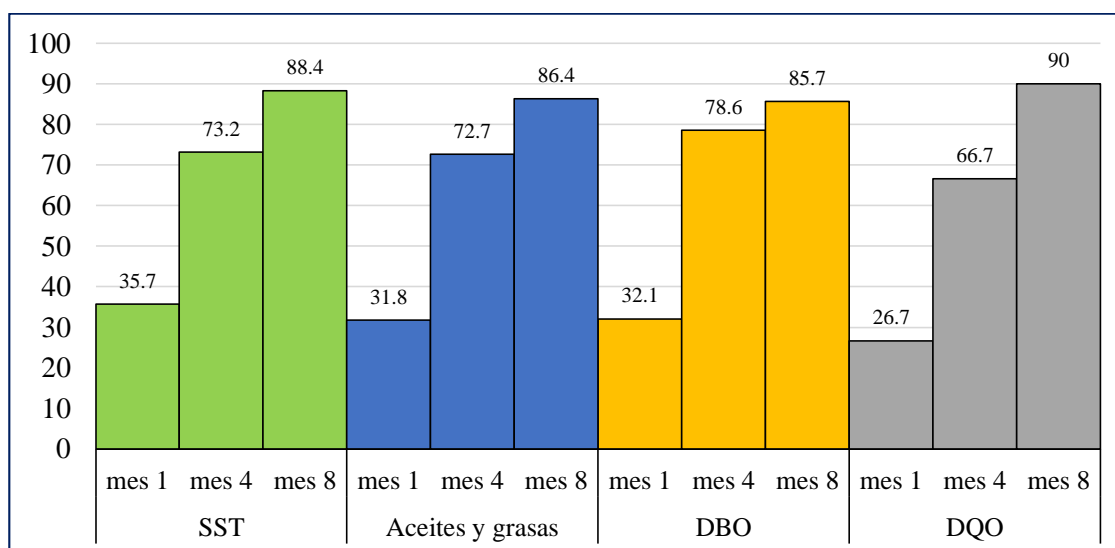
En caso de los Estándares de Calidad Ambiental para agua el único parámetro que cumple con la normativa establecida es el pH.

3.2. Remoción de contaminantes de aguas grises domésticas

Tabla 8

*Porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas tratadas con *Heliconia sp**

Tiempo de muestreo	Sólidos totales en suspensión (%)	Aceites y grasas (%)	Demanda bioquímica de oxígeno (%)	Demanda química de oxígeno (%)
Al mes 1	35.7	31.8	32.1	26.7
Al mes 4	73.2	72.7	78.6	66.7
Al mes 8	88.4	86.4	85.7	90.0
G. Control	30.4	18.2	25.0	18.3



*Figura 14: Porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas tratadas con *Heliconia sp**

Según los resultados mostrados en la tabla 8 y figura 15, corresponden al porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas tratadas con *Heliconia sp*, deduciéndose lo siguiente:

En cuanto a los sólidos totales en suspensión, el porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas fue de 35.7% al primer mes, 73.2% al cuarto mes y 88.4% al octavo mes.

En aceites y grasas, el porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas fue de 31.8% al primer mes, 72.7% al cuarto mes y 86.4% al octavo mes.

Respecto a la demanda bioquímica de oxígeno, el porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas fue de 32.1% al primer mes, 78.6% al cuarto mes y 85.7% al octavo mes.

En cuanto a la demanda química de oxígeno, el porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas fue de 26.7% al primer mes, 66.7% al cuarto mes y 90% al octavo mes.

Finalmente, se observa que el porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas es mayor al ser tratadas con *Heliconia sp* respecto al porcentaje de remoción en el grupo control.

Tabla 9

Porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas tratadas con Alpinia sp

Tiempo de muestreo	Sólidos totales en suspensión	Aceites y grasas	Demanda bioquímica de oxígeno	Demanda química de oxígeno
Al mes 1	33.0	36.0	29.0	29.0
Al mes 4	74.1	72.7	76.8	68.3
Al mes 8	89.3	90.9	89.3	91.7
G. Control	30.4	18.2	25.0	18.3

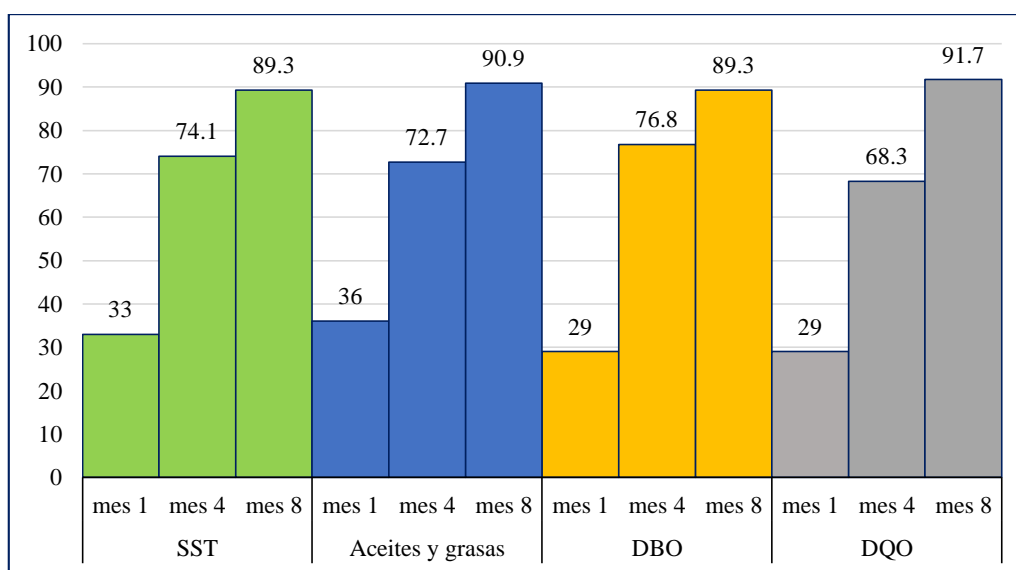


Figura 15: Porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas tratadas con *Alpinia sp*

Según los resultados mostrados en la tabla 9 y figura 16, corresponden al porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas tratadas con *Alpinia sp*, deduciéndose lo siguiente:

En cuanto a los sólidos totales en suspensión, el porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas fue de 33% al primer mes, 74.1% al cuarto mes y 89.3% al octavo mes.

En aceites y grasas, el porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas fue de 36% al primer mes, 72.7% al cuarto mes y 90.9% al octavo mes.

Respecto a la demanda bioquímica de oxígeno, el porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas fue de 29% al primer mes, 76.8% al cuarto mes y 89.3% al octavo mes.

En cuanto a la demanda química de oxígeno, el porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas fue de 29% al primer mes, 68.3% al cuarto mes y 91.7% al octavo mes.

Finalmente, se observa que el porcentaje de remoción de contaminantes de aguas grises domésticas es mayor al ser tratadas con *Alpinia sp* respecto al porcentaje de remoción en el grupo control.

3.3 Efecto de Biojardines con *Heliconia sp* y *Alpinia sp* en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas

Tabla 10

Análisis de varianza (ANVA) para determinar las diferencias significativas entre tratamientos

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Parámetros	209.77	3	69.92	0.12	3.01
Tratamientos	13803.47	2	6901.74	11.73**	3.40
Interacción	162.47	6	27.08	0.05	2.51
Error	14124.75	24	588.53		
Total	28300.47	35			

Coefficiente de Variación (CV)

$$CV = \sqrt{CME} * 100/\bar{X}$$

$$CV = \frac{\sqrt{588.53}}{65.01} X 100$$

$$CV = 37.32\%$$

Según los resultados del análisis de varianza, dado que el valor F (11.73) es mayor que el F crítico (3.40), deducimos que existe diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas, por lo cual fue necesario realizar la prueba de Dunnett.

Además, un valor obtenido de 37.32% en el coeficiente de variación implica que los datos se han distribuido de manera no homogénea, se decir la remoción de contaminantes no ha sido uniforme,

Prueba de Dunnett

Tabla 11

Prueba de Dunnett para determinar el tratamiento óptimo

Comparaciones	Tratamiento	Tratamientos	Diferencias
	Testigo	experimentales	
T ₀ – T ₁	22.98	64.5	41.52 < ALS
T ₀ – T ₂	22.98	65.01	42.03 < ALS
Tratamientos óptimos T ₁ y T ₂			

$$ALS = D_{\alpha, k-1, v} (\sqrt{CME(1/n_0 + 1/n_i)})$$

Donde D_α: 0.05 (error)

K: 2 (comparaciones)

V: 24 (grados de libertad del error)

n: 3 (tratamientos)

$$ALS = 2.432 \sqrt{588.53(1/3 + 1/3)}$$

$$ALS = 953.88$$

Según los resultados de la tabla 7, con un nivel de confianza del 95% se puede afirmar que los dos tratamientos (*Heliconia sp* y *Alpinia sp*) se presentan como óptimos para la remoción de contaminantes de aguas grises doméstica, dado que las diferencias son menores que las amplitudes del límite de significación (ALS)

3.4. Discusión

A continuación, se muestra una comparación de los resultados del presente estudio en cuanto a la máxima eficiencia de remoción de contaminantes con los resultados obtenidos por Chávez, S. En su trabajo titulado Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domiciliarias por biofiltros de flujo horizontal.

Tabla 12

Comparación de resultados

	Resultados de la presente investigación	Resultados obtenidos por Chavez, S.
Aceites y grasas	90.9%	93%
DBO5	89.3%	85-95%
DQO	91.7%	95%
NO3	**	90%
Fosforo Total	**	85%
SST	89.3%	90%

Como se observa en la tabla anterior los porcentajes de remoción de contaminantes no varían de manera significativa, sin embargo, existen parámetros que no se evaluaron en la presente investigación.

También se resalta que la metodología para la instalación de los biofiltros o biojardines en ambos estudios es la misma.

CONCLUSIONES

- En el afluente se concluye que a excepción de Aceites Grasas los parámetros evaluados cumplen con los Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR, sin embargo ningún parámetro cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3, subcategoría D1 – riego de vegetales, haciendo necesario un tratamiento previo si se desea utilizar el agua para dicho fin.
- La concentración de contaminantes se va reduciendo a medida que pasa el tiempo (esto se debe al crecimiento de las raíces en el sustrato), observándose que a partir del mes 4 después de la siembra a excepción de Aceites y Grasas los parámetros evaluados cumplen con los Estándares de calidad Ambiental para agua categoría 3, subcategoría 1 – riego de vegetales. En cuanto al grupo control (sin plantas), los parámetros no cumplieron los ECA.
- El mayor porcentaje de remoción alcanzado por ambas plantas (*Heliconia sp* y *Alpinia sp*) se dio en el mes 8 después de la siembra, con *Heliconia sp* se obtuvo un porcentaje de remoción de SST 88.4%, Aceites y grasas 86.4%, DBO5 85.7% y DQO 90%. Con *Alpinia sp* se obtuvo un porcentaje de remoción de SST 89.3%, Aceites y Grasas 90.09%, DBO5 89.3% y DQO 91.7%.
- Con un nivel de confianza del 95% ambos tratamientos (*Heliconia sp* y *Alpinia sp*) se presentan como óptimos para la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas.

RECOMENDACIONES

Bajo similares condiciones en que se llevó a cabo la presente investigación, recomendamos a otros investigadores lo siguientes:

- Realizar mayor caracterización de parámetros fisicoquímicos que no se estudiaron en el presente proyecto de investigación adecuada a los ECA para agua, categoría 3, subcategoría 1 – riego de vegetales.
- Si se desea reutilizar el agua del efluente para el riego de hortalizas se debe esperar hasta el mes 4 o 5 después de la siembra, ya que es en este tiempo donde las plantas alcanzan un tratamiento óptimo de los contaminantes.
- Utilizar y comparar la eficiencia en la remoción de contaminantes de otros géneros de plantas ornamentales.
- Instalar biojardines en zonas urbanas ya que mediante un sistema de recirculación se pueden reutilizar las aguas tratadas disminuyendo el consumo de agua hasta en un 80% aumentando la vida útil de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIANZA POR EL AGUA. El saneamiento: Una inversión para la salud y la dignidad, Costa Rica, 2012
- ALLEN, L. Manual de diseño para manejo de aguas grises para riego exterior, 2015.
- ARANA YSA, V. Guía para la toma de decisiones en la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales no convencionales, Perú, 2010.
- BUENFIL, J. Biofiltro: La jardinería que filtra las aguas grises para reciclarlas. México, 2010
- CÁCERES, V. y FONG, N. Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. Honduras, 2006.
- CHÁVEZ, S. Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domiciliarias por biofiltros de flujo horizontal, del programa ISSUE 2 en barrios del distrito V de Managua, Nicaragua, 2010.
- DELGADO, H. y PÉREZ, W. Biofiltros domiciliarios: filtros biológicos para la remoción de nutrientes de aguas grises, Nicaragua, 2011.
- DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM. Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR, Perú.
- DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Estándares de calidad ambiental para agua, Perú.
- GARCÍA, T. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Lima, 2012.
- GUEVARA, O. Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domiciliarias por biofiltros de flujo horizontal. Managua, 2010.
- QUEZ, E. Evaluación preliminar de dos tipos de biofiltro utilizados como tratamiento secundario de aguas residuales domésticas. Costa Rica, 1999.

- JEREZ, E. El cultivo de las heliconias Cultivos Tropicales, vol. 28. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba, 2007.
- LEAL R. Plantas exóticas: heliconias Comunidad Bogotá Cachivera; Mitú, Vaupés, Colombia, 2012.
- MARÍN ARAYA, M. Manual para la construcción y mantenimiento de biojardineras. Nicaragua, 2010
- MEDINA, A. *Determinación de la eficiencia del humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en el barranco del sector cruce de Uchuglla*, Moyobamba, 2013.
- MOSTACERO, L. *Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú*, Volumen II, Trujillo, 2002.
- MENDIBURU, F. *Estadística aplicada a la forestaría*, Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú, 2007.
- OSTOS, A. Influencia de características del paisaje y prácticas de manejo sobre la incidencia de cochinillas (Hemiptera) en *Alpinia purpurata*. Tesis de grado, Maestría en Agricultura Ecológica. CATIE, 2006.
- RODRÍGUEZ C. *Depuración de aguas servidas, utilizando especies acuáticas*. Moyobamba, 2011
- SEKOULOV, I. RÜDIGER, A. BARZ, M. Biofiltración innovadora para el tratamiento de aguas residuales producidas por comunidades e industrias. España, 2009
- SCHUTZE, C. Experiencias en saneamiento integral en Nicaragua, 2010
- YOCUM, D. Manual de Diseño: Humedal Construido para el Tratamiento de las Aguas Grises por Biofiltración. California, 2009

ANEXOS

Anexo A – Panel fotográfico





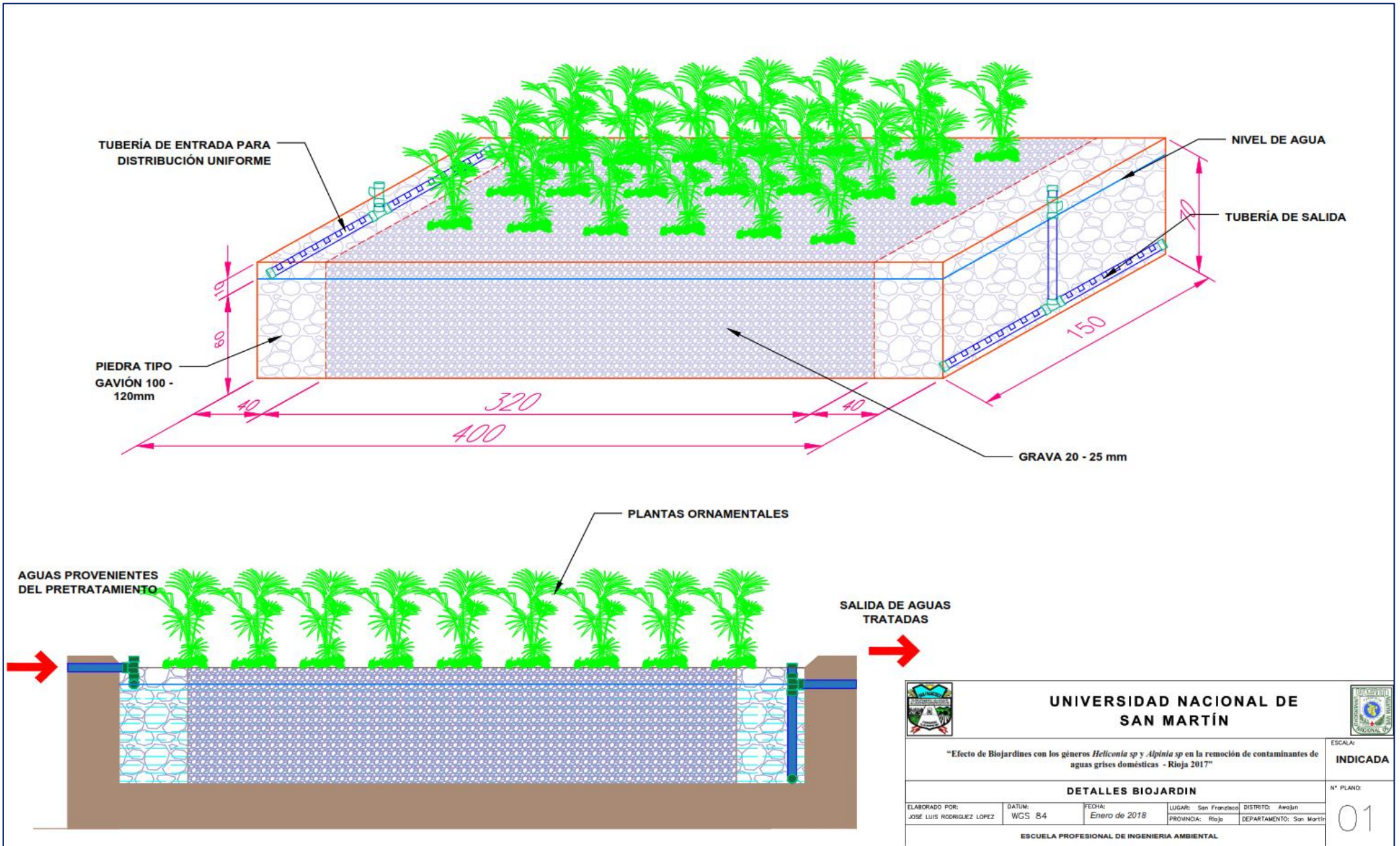




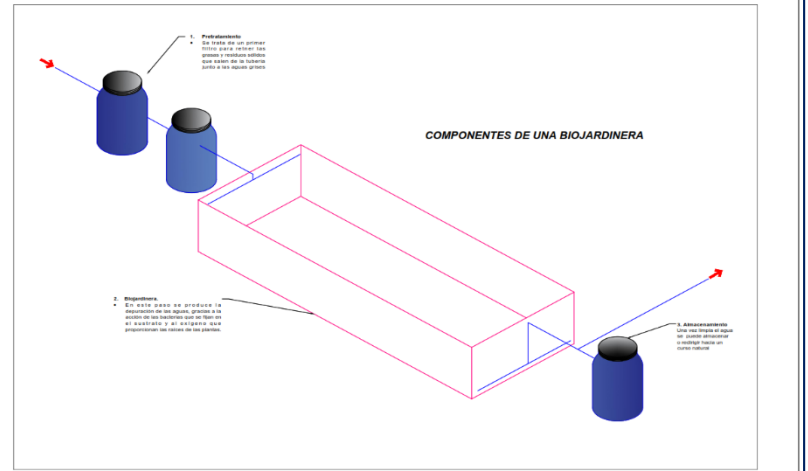
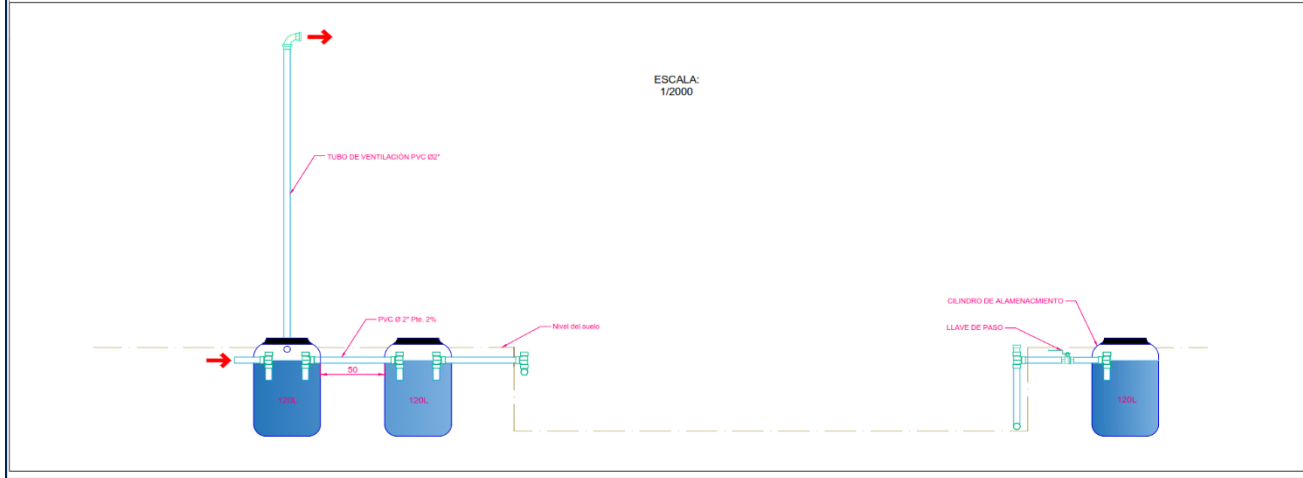
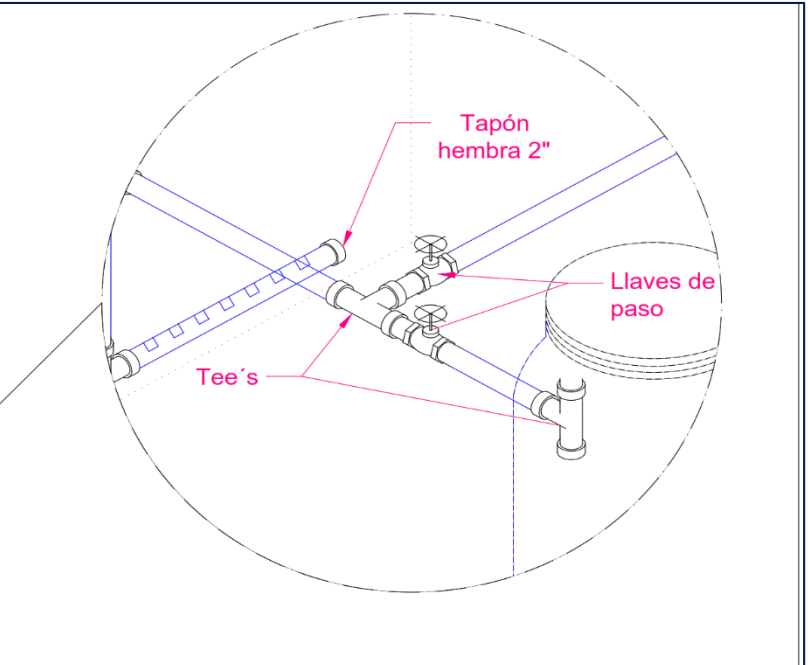
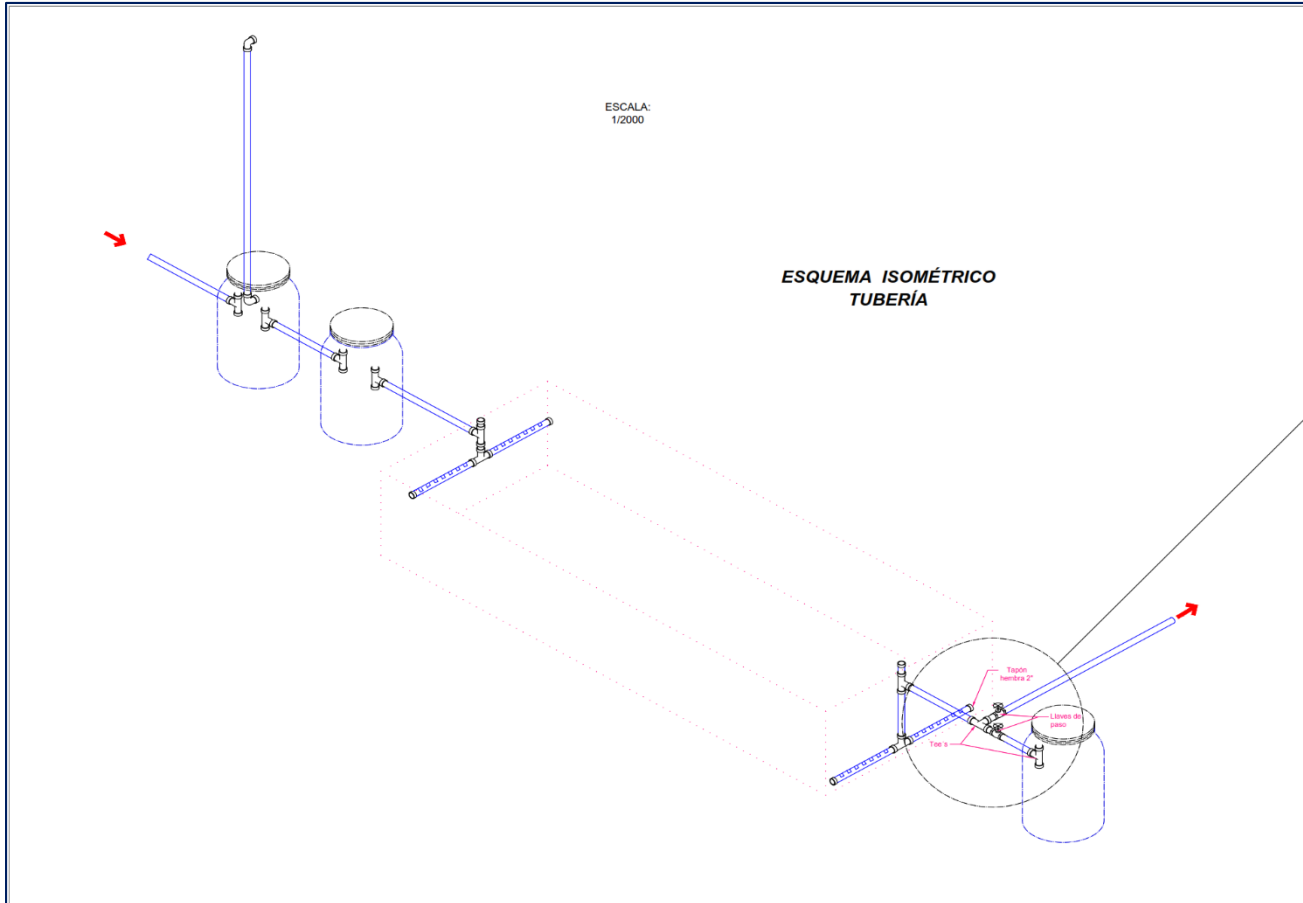
Anexo B – Mapa de ubicación del proyecto

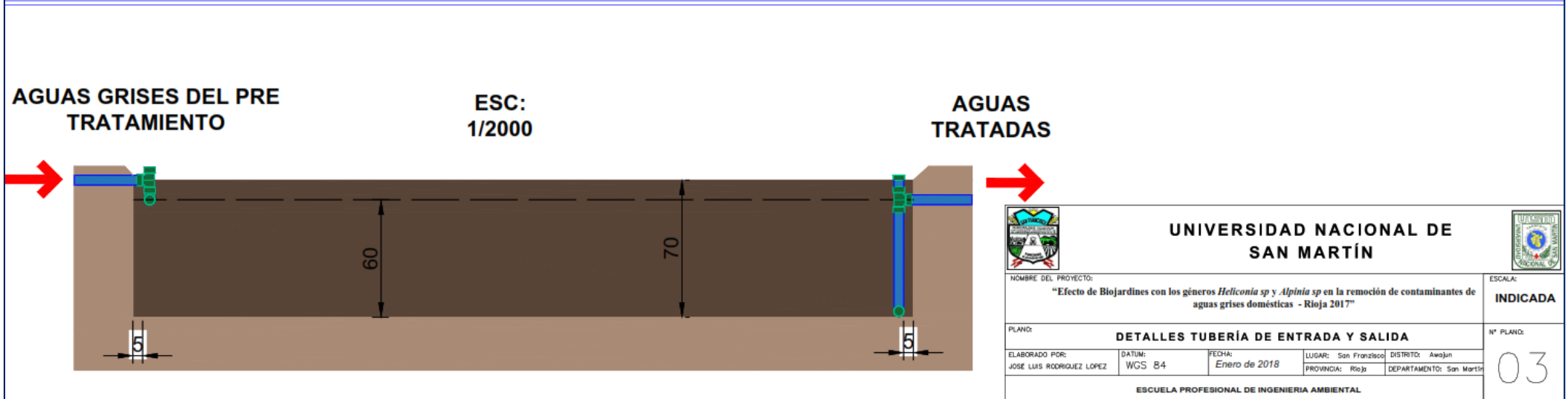
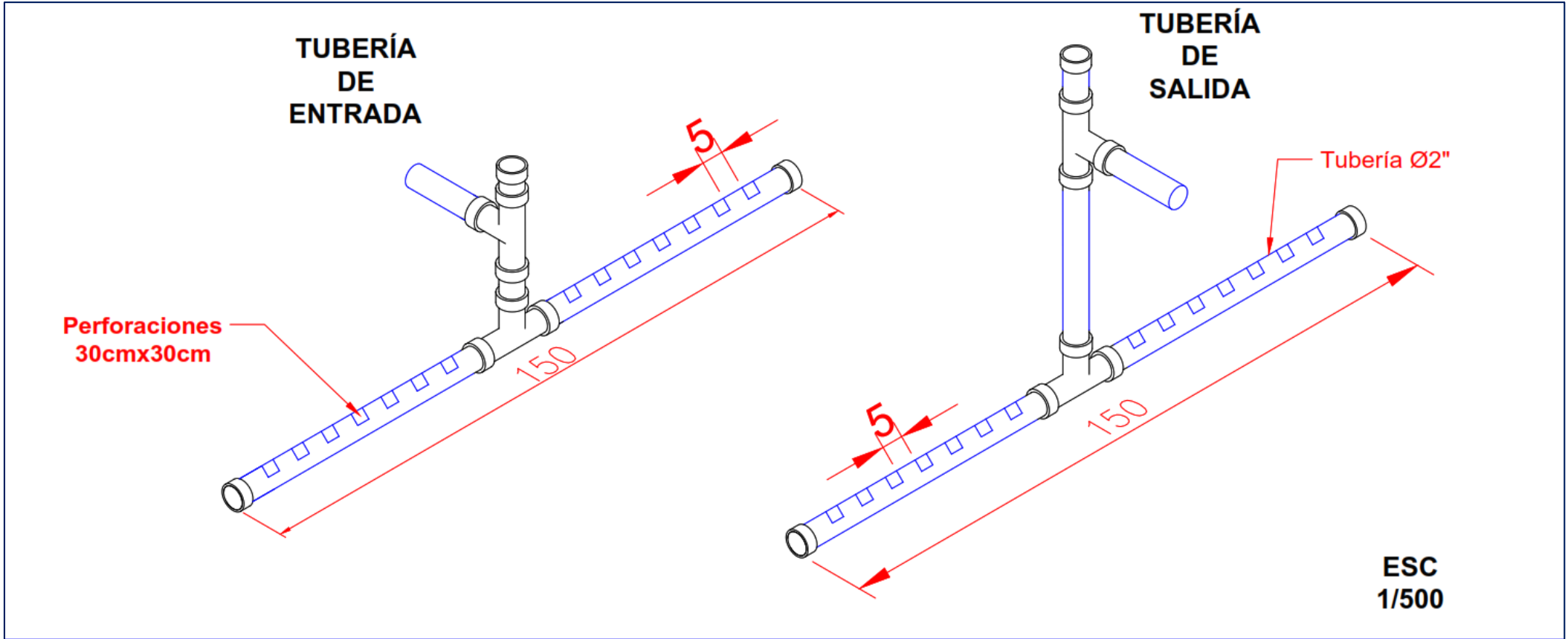


Anexo C – Planos de diseño del biojardin



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN		
"Efecto de Biojardines con los géneros <i>Heliconia sp</i> y <i>Alpinia sp</i> en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas - Rioja 2017"				ESCALA: INDICADA
DETALLES BIOJARDIN				N° PLANO: 01
ELABORADO POR: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ LOPEZ	DATUM: WGS 84	FECHA: Enero de 2018	LUGAR: San Francisco PROVINCIA: Rioja	DISTRITO: Anejún DEPARTAMENTO: San Martín
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL				





 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN 		ESCALA: INDICADA
NOMBRE DEL PROYECTO: "Efecto de Biojardines con los géneros <i>Heliconia sp</i> y <i>Alpinia sp</i> en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas - Rioja 2017"		
PLANO: DETALLES TUBERÍA DE ENTRADA Y SALIDA		
ELABORADO POR: JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ LOPEZ	DATUM: WGS 84	FECHA: Enero de 2018
LUGAR: San Francisco	PROVINCIA: Rioja	DISTRITO: Awajun DEPARTAMENTO: San Martín
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL		N° PLANO: 03

Anexo D – Resultados de análisis de laboratorio

**INFORME DE ENSAYO N°048-B-2018/ANAQUIMICOS/CC/SLCH**

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ LÓPEZ
 : ALEX JAIKER CUBAS BECERRA

PROYECTO : “EFECTO DE BIOJARDINES CON LOS
 GÉNEROS HELICONIA SP Y ALPINIA SP EN
 LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE
 AGUAS GRISES DOMÉSTICAS Y
 PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN-RIOJA 2017”

TIPO DE MUESTRA : Aguas Grises Domésticas
PUNTO DE MUESTREO : A la entrada del tratamiento
PROCEDENCIA : Caserío San Francisco – Awajún – Vivienda
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 27/01/2018
HORA TOMA DE MUESTRA : 08:25 am
MUESTREADO POR : Solicitantes
FECHA DE ENTREGA : 05/02/2018

RESULTADO DE LOS ANÁLISIS

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	Entrada del biojardín
1	Aceites y Grasas	mg/L	22
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	56
3	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	120
4	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	112
5	pH	Unidad	6.84

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

Samuel López Chávez
 Ing. Samuel López Chávez
 CIP: N° 140874
 TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES
EIRL RUC: 20572240372

INFORME DE ENSAYO N°065-B-2018/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ LÓPEZ
: ALEX JAIKER CUBAS BECERRA

PROYECTO : “EFECTO DE BIOJARDINES CON LOS
GÉNEROS HELICONIA SP Y ALPINIA SP EN
LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE
AGUAS GRISES DOMÉSTICAS Y
PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN-RIOJA 2017”

TIPO DE MUESTRA : Aguas Grises Domésticas
PUNTO DE MUESTREO : A la entrada del tratamiento
PROCEDENCIA : Caserío San Francisco – Awajún – Vivienda
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 28/02/2018
HORA TOMA DE MUESTRA : 08:45 am
MUESTREO POR : Solicitantes
FECHA DE ENTREGA : 09/03/2018

RESULTADO DE LOS ANÁLISIS

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	T0	T1 (Heliconia)	T2 (Alpinia)
1	Aceites y Grasas	mg/L	18	15	14
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	42	38	40
3	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	98	88	85
4	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	78	72	75
5	pH	Unidad	7.25	7.15	7.24

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

Samuel López Chávez
Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE



INFORME DE ENSAYO N°075-B-2018/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ LÓPEZ
 : ALEX JAIKER CUBAS BECERRA

PROYECTO : “EFECTO DE BIOJARDINES CON LOS
 GÉNEROS HELICONIA SP Y ALPINIA SP EN
 LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE
 AGUAS GRISES DOMÉSTICAS Y
 PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN-RIOJA 2017”

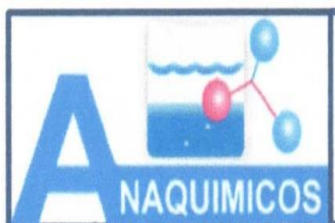
TIPO DE MUESTRA : Aguas Grises Domésticas
PUNTO DE MUESTREO : A la entrada del tratamiento
PROCEDENCIA : Caserío San Francisco – Awajún – Vivienda
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 29/04/2018
HORA TOMA DE MUESTRA : 08:35 am
MUESTREADO POR : Solicitantes
FECHA DE ENTREGA : 08/05/2018

RESULTADO DE LOS ANÁLISIS

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	T1 (<i>Heliconia</i>)	T2 (<i>Alpinia</i>)
1	Aceites y Grasas	mg/L	6	6
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	12	13
3	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	38
4	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	30	29
5	pH	Unidad	7.31	7.28

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.


Ing. Samuel López Chávez
 CIP: N° 140674
 TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES
EIRL RUC: 20572240372

INFORME DE ENSAYO N°082-B-2018/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ LÓPEZ
: ALEX JAIKER CUBAS BECERRA

PROYECTO : “EFECTO DE BIOJARDINES CON LOS
GÉNEROS HELICONIA SP Y ALPINIA SP EN
LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE
AGUAS GRISES DOMÉSTICAS Y
PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN-RIOJA 2017”

TIPO DE MUESTRA : Aguas Grises Domésticas
PUNTO DE MUESTREO : A la entrada del tratamiento
PROCEDENCIA : Caserío San Francisco – Awajún – Vivienda
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 25/08/2018
HORA TOMA DE MUESTRA : 08:25 am
MUESTREO POR : Solicitantes
FECHA DE ENTREGA : 04/09/2018

RESULTADO DE LOS ANÁLISIS

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	T1 (Heliconia)	T2 (Alpinia)
1	Aceites y Grasas	mg/L	3	2
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	8	6
3	Demanda Química de Oxígeno	mg/L	12	10
4	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	13	12
5	pH	Unidad	7.3	7.25

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

 Ing. Samuel López Chávez
 CIP: N° 140674
 TITULAR GERENTE