UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE DOS ESPECIES VEGETALES (*Pistia stratiotes L*) y (*Hydrocotyle ranunculoides L.f*) EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS CONTAMINADAS POR LA PORCICULTURA EN LA GRANJA "EL GUAYABAL" DEL BARRIO NAMBIJA BAJO, CANTÓN ZAMORA.

Tesis de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

AUTORA:

Carmen Elizabeth Masache Granda

DIRECTOR:

Ing. Galo Ramos Campoverde. Mg.Sc

Zamora – Ecuador

2016

CERTIFICACIÓN

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde. Mg. Sc.

DOCENTE DE LA MODALIDAD DE ESTUDIOS PRESENCIAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE ZAMORA.

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación denominado: **EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE DOS ESPECIES VEGETALES *(Pistia stratiotes L)* y *(Hydrocotyle ranunculoides L.f)* EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS CONTAMINADAS POR LA PORCICULTURA EN LA GRANJA EL GUAYABAL DEL BARRIO NAMBIJA BAJO, CANTÓN ZAMORA**, desarrollado por la señorita Carmen Elizabeth Masache Granda, ha sido elaborada bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instructivos.

Por ello autorizo su presentación y sustentación

.

Zamora, 07 de noviembre del 2016

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde. Mg. Sc

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo **Carmen Elizabeth Masache Granda,** declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

AUTORA: Carmen Elizabeth Masache Granda

FIRMA: _____

CÉDULA: 1900604974

FECHA: Loja, 12 de diciembre del 2016

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, Carmen Elizabeth Masache Granda , declaro ser autora de la Tesis titulada **EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE DOS ESPECIES VEGETALES *(Pistia stratiotes L)* y *(Hydrocotyle ranunculoides L.f)* EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS CONTAMINADAS POR LA PORCICULTURA EN LA GRANJA "EL GUAYABAL" DEL BARRIO NAMBIJA BAJO, CANTÓN ZAMORA**, como requisito para optar por el grado de: INGENIERA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los doce dias del mes de diciembre del dos mil diez y seis, firma la autora:

AUTORA: Carmen Elizabeth Masache Granda

FIRMA: _____

CÉDULA: 1900604974

DIRECCIÓN: Zamora-Parroquia Cumbaratza-Barrio Nambija Bajo-Calle- S/N

CORREO ELECTRÓNICO: isabel01-89@ive.com

TELÉFONO: 2318081 **CELULAR:** 0991915942

DATOS COMPLEMENTARIOS

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Galo Enrique Ramos C, Mg. Sc.

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Osmani López Celi, Mg. Sc.	(Presidente)
Ing. Fausto Ramiro García Vasco, Mg.Sc	(Vocal)
Ing. Hilter Farley Figueroa Saavedra, Mg.Sc	(Vocal)

DEDICATORIA

Esta tesis es dedicada principalmente a Dios por haberme proveído la lucidez necesaria, la inteligencia y la sabiduría para alcanzar mis metas y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi padres: Ángel Rafael Masache Abad y Inés Granda Morocho por haberme dado la vida, guiarme, cuidarme y por darme sus sabios consejos.

A mis Suegros: Celio Mijas y Rosa Guaillas quienes siempre estuvieron apoyando de manera incondicional para superarme-

A mi esposo: Walter Geovany Mijas Guaillas por apoyarme en todos los momentos de mi vida, ya que por su sacrificio y esfuerzo constante he logrado obtener mi gran meta anhelada, a mi hija: Geovanna Elizabeth Mijas Masache que fue mi motor y mi fuerza para superarme,

A hermano: Edwin Masache Granda quien fue el pilar fundamental para mi superación.

A mis profesores y amig@s con quienes compartieron grandes y pequeñas experiencias que influyeron en mí, para construirme como profesional, en el transcurso de ésta carrera universitaria.

Carmen M.

AGRADECIMIENTO

Me llena de profunda satisfacción agradecer a la Universidad Nacional de Loja y a la carrera de ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente por haberme acogido a través del Plan de contingencia para la culminación de nuestros estudios y la realización de este trabajo de Tesis.

Al Ingeniero Galo Ramos, director de la tesis quien por ser una magnifica persona y con su experiencia y profesionalismo me ayudó a conseguir mi meta aspirada.

Al Coordinador de la Carrera de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, Ing. Osmani Eduardo López, a quien expreso mi gratitud por sus valiosos aportes que enriquecieron mis conocimientos, encaminaron mi formación personal y su apoyo incondicional en el desarrollo de este trabajo.

Al Señor Celio Mijas, dueño de la Granja “El Guayabal”, agradecerme por su valiosísima apertura y colaboración en el desarrollo del presente trabajo.

El agradecimiento especial a mis familiares y seres queridos: padres, esposo, a mi hija, a mi hermano, a mis suegros, a mis compañer@s y amig@s, y a todos quienes de una u otra forma contribuyeron con su incondicional ayuda.

A todos Gracias.

1 TITULO

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE DOS ESPECIES VEGETALES *(Pistia stratiotes L)* Y *(Hydrocotyle Ranunculoides L.F)*, EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS CONTAMINADAS POR LA PORCICULTURA EN LA GRANJA “EL GUAYABAL” DEL BARRIO NAMBIJA BAJO, CANTÓN ZAMORA.

2 RESUMEN

La presente investigación se basa en la técnica de la fitorremediación la misma que utiliza las plantas acumuladoras e hiperacumuladoras para extraer e inmovilizar los contaminantes del agua, se encuentra estructurado de los siguientes ítems: revisión de literatura, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones.

En cuanto a la metodología que se utilizó está basada en tres etapas, la primera comprende el diagnóstico de la Granja mediante el recorrido de campo y la entrevista al propietario; en la segunda etapa se realizó un análisis de agua para saber el estado actual además se realizó la construcción de dos tratamientos con tres repeticiones con las dos especies vegetales propuestas para fitorremediar las aguas porquerizas; en la tercera etapa se propone determinar el grado de descontaminación de las aguas porquerizas con las dos especies vegetales, además utilizamos el método estadístico no paramétrico " Chi - Cuadrado" para realizar el contraste de las hipótesis planteada en esta investigación.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son presentados detalladamente por cada uno de los dos objetivos específicos planteados, entre los más relevantes son: SST 2,6%,DBO_5 1,9%, DQO 28%, N 2,6%, Coliformes fecales 1,9% y P 10,6% con la especie *Hydrocotyle ranunculoides L.f.*

El presente trabajo de investigación se ha desarrollado con la finalidad de aportar a la solución de una de las problemáticas que presenta la granja "El Guayabal" asi como a los porcicultores y comunidad en general porque permite depurar las aguas volviéndolas aptas para el uso de otras actividades.

2.1 SUMMARY

The present research is based on the technique of phytoremediation, which uses accumulating and hyperaccumulating plants to extract and immobilize water contaminants. It is structured according to the following items: literature review, materials and methods, results, discussion, conclusions And recommendations.

As for the methodology used is based on three stages, the first comprises the diagnosis of the Farm through the field tour and the interview to the owner; In the second stage a water analysis was carried out to know the current state. In addition, two treatments were carried out with three replications with the two plant species proposed for phytoremediation of the porquerizas waters; In the third stage it is proposed to determine the degree of decontamination of the swidden waters with the two plant species, in addition we used the non - parametric "Chi - Square" statistical method to perform the contrast of the hypotheses proposed in this research.

The results obtained in this research are presented in detail for each of the two specific objectives, among the most relevant are: SST 2.6%, BOD5 1.9%, COD 28%, N 2.6% Fecal coliforms 1.9% and P 10.6% with the species *Hydrocotyle ranunculoides Lf.*

The present research work has been developed with the purpose of contributing to the solution of one of the problems presented by the farm "El Guayabal" as well as to the porcicultores and community in general because it allows to purify the waters making them suitable for the use of other activities.

3 INTRODUCCION

La contaminación de agua por la porcicultura a causa del mal manejo de aguas residuales y desechos, son generados a partir de prácticas de alimentación inadecuadas que alteran el ambiente e inciden en el proceso productivo que provoca los cambios de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, modificación de ecosistemas, perdida de flora y fauna, afectando la calidad del agua, la salud humana y el medio ambiente, ocasionadas por las excretas porcinas que son potencialmente contaminantes a causa de sus elevadas concentraciones de microorganismos patógenos (bacterias, hongos, virus, helmintos, amebas y otros parásitos), metales pesados (cobre y zinc), materia orgánica, y fósforo, potasio y nitrógeno debido a que no existen estudios de investigación que nos permitan determinar la calidad del agua, luego de un proceso de intervención por la porcicultura.

Es necesario realizar esta investigación para conocer el estado actual de la calidad del agua y preservar la salud de los pobladores que hacen uso del mismo para la realización de diferentes actividades como son: agrícolas, pecuarias, turísticas, entre otras.

El desarrollo de la presente investigación es la remediación y recuperación del agua contaminada por la porcicultura mediante la evaluación de especies vegetales fitorremediadoras lechuga de agua (*Pistia stratiotes L.)* y redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides Lf.)* para el tratamiento de las aguas residuales, que puede implementarse en la Granja “El Guayabal”, a través de la técnica de fitorremediación y así determinar cuál es la mejor especie para la remediación y

recuperación del agua, para luego ser utilizados para la producción agropecuaria entre otras.

Con de esta investigación se beneficiará de manera directa el propietario de la granja y los porcicultores, y de manera indirecta se beneficiarán toda la población que se encuentra radicada en el barrio Nambija Bajo, quienes utilizan el agua del rio para abrevaderos de los animales y sus playas para bañarse, permitiendo mejorar la calidad de producción agropecuaria entre otras.

La importancia de esta investigación es contribuir a la depuración de las aguas contaminadas por esta actividad, ademas los Gad competentes y a la Autoridad Ambiental, logren el cumplimiento de la Normativa vigente necesaria para el desarrollo de la actividad porcicola; mediante un experimento demostrativo que se puede aplicar este proceso en otras granjas que no cuenten con un sistema de tratamiento. La aplicación de estos métodos de tratamiento (fitorremediación) de aguas residuales es una alternativa que debe tomar en cuenta debido al bajo costo, permitiendo tratar las aguas residuales generadas por las granjas,la cual constituirá a la conservación y protección del recurso hídrico aportando al cumplimiento de una de las competencias de la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) y conforme lo establece el Ministerio del Ambiente. Por ello se planteó el siguiente objetivo general:

Contribuir al proceso de descontaminación de aguas residuales de la actividad de la porcicultura, mediante el estudio de dos especies vegetales con potencial fitorremediador.

Para ar cumplimiento a este objetivo se plantearon los siguientes objetivos especificos:

- Realizar el diagnóstico del estado actual de las aguas provenientes por la actividad de la porcicultura en la Granja “El Guayabal”, del Barrio Nambija bajo, Parroquia Cumbaratza.

- Evaluar el potencial fitorremediador de dos especies vegetales (*Pistia stratiotes L.)* y (*Hydrocotyle ranunculoides Lf.)* para la remediación de aguas contaminadas por la porcicultura en la Granja “El Guayabal”, de la parroquia Cumbaratza, cantón Zamora.

4 REVISIÓN DE LITERATURA

La lista de definiciones que se especifican a continuación son de acuerdo al tema del proyecto investigativo los mismos que son recopilados por diferentes autores y normativas ambientales de este país.

4.1 Agua.

Wikipedia, (2016) menciona:

> El agua (del latín aqua) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H2O). El término agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, aunque la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en su forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71 % de la superficie de la corteza terrestre.2 Se localiza principalmente en los océanos, donde se concentra el 96,5 % del agua total. A los glaciares y casquetes polares les corresponde el 1,74 %, mientras que los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales concentran el 1,72 %. El restante 0,04 % se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos (p.1).

4.1.1 Importancia.

Jaramillo y flores, (2012) mencionan:

> Dada la importancia del agua para la vida de todos los seres vivos, y debido al aumento de las necesidades por el continuo desarrollo de la humanidad, el hombre está en la obligación de proteger este recurso. El agua dulce es un recurso renovable, pero la disponibilidad de la misma está disminuyendo de manera constante. En muchas partes del mundo, la demanda de agua ya excede al abastecimiento, a medida que aumenta la población mundial. Es un deber de todos cuidar nuestros recursos hidrológicos, debido a que la disponibilidad del agua es fundamental para el mantenimiento de los ecosistemas y para as comunidades, la industria, la agricultura y las actividades

comerciales, ya que su presencia o ausencia tiene efectos sobre los seres vivos (p.1).

4.1.2 Usos.

Jaramillo y flores, (2012) mencionan: “es importante tener en cuenta los diferentes usos del agua por el hombre, para comparar con las necesidades en el aspecto cuantitativo porque tendrá una gran importancia a la hora de valorar la contaminación del agua”. Habitualmente los principales usos son los siguientes: urbanos, domésticos o de abastecimiento, industrial y agropecuario, además la generación (acuíferos), recreativos y estético, navegación entre otros. A nivel mundial se considera un consumo total de agua, repartidos en los siguientes porcentajes aproximados: uso agrario (75%), uso industrial (20%) y uso doméstico (5%) (p.2).

4.1.3 Contaminación del agua.

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2015) menciona: “cualquier alteración de las características físicas, químicas o biológicas, en concentraciones tales que la hacen no apta para el uso deseado, o que causa un efecto adverso al ecosistema acuático, seres humanos o al ambiente en general” (p.81).

4.1.4 Carga del contaminante.

MAE, (2015) dice: “es la cantidad de un contaminante aportada en una descarga de aguas residuales, o presente en un cuerpo receptor expresada en unidades de masa por unidad de tiempo” (p.81).

4.1.5 Carga máxima permisible.

MAE, (2015) menciona: “que el límite de carga de un parámetro que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado” (p.81).

4.1.6 Capacidad de autodepuración.

MAE, (2015) dice: “la propiedad que tiene un cuerpo receptor para mejorar su calidad, en forma tal que se cumpla con un objetivo o norma de calidad establecida, en determinadas condiciones de tiempo y de espacio” (p.81).

4.1.7 Criterio de calidad del agua.

MAE, (2015) afirma:

> Es la concentración numérica o enunciado descriptivo recomendado sobre parámetros físicos químicos y biológicos para mantener determinado uso benéfico del agua. Los criterios de calidad para diversos usos del agua son la base para determinación de los objetivos de calidad en los tramos de un cuerpo receptor. Esta determinación generalmente demanda un proceso de modelación del cuerpo receptor en donde se consideran las condiciones más críticas de caudales del cuerpo receptor, las cargas futuras de contaminantes y la capacidad de asimilación del recurso hídrico. (p.81).

4.2 Aguas residuales.

MAE, (2015) menciona que: “el agua de composición variada proveniente de uso doméstico, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, sea público o privado y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original” (p.81).

4.2.1 Clasificación de las aguas residuales.

4.2.1.1 *Tratamiento de las aguas residuales.*

MAE, (2015) manifiesta que: “es aquel que está conformado ya sea por un tratamiento preliminar, un tratamiento primario, un tratamiento secundario y un tratamiento avanzado aplicado de manera individual o en conjunto de acuerdo a la eficiencia requerida” (p.84).

4.2.1.2 *Etapas de tratamiento.*

4.2.1.2.1 Tratamiento preliminar.

MAE, (2015) dice que son: “procesos para remoción de sólidos gruesos, flotantes, grasas, procesos de compensación y ajustes de pH” (p.84).

4.2.1.2.2 Tratamiento primario.

MAE, (2015) expone que: “contempla el uso de operaciones físicas para la reducción de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual, como: cribado, desarenado, sedimentación y manejo y disposición final de sólidos generados en este proceso” (p.84).

4.2.1.2.3 Tratamiento secundario.

MAE, (2015) expone que: “contempla el empleo de procesos biológicos y/o químicos para reducción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables, y sólidos suspendidos. El tratamiento secundario generalmente está precedido por tratamiento primario, incluye generalmente procesos de desinfección” (p.84).

4.3 Descarga de aguas residuales.

MAE, (2015) expone: “acción de verter aguas residuales a un sistema de alcantarillado o cuerpo receptor” (p.82).

4.3.1 Descarga puntual.

MAE, (2015) menciona que: “cualquier fuente definida de la cual se descargan o pueden descargarse contaminantes” (p.82).

4.3.2 Descarga no puntual.

MAE, (2015) expone: “es aquella en la que no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo receptor, tal es el caso de descargas provenientes de escorrentía pluvial, escorrentía agrícola u otros similares” (p.82).

4.4 Muestreo de aguas residuales.

MAE, (2015) expresa: “es el proceso de tomar una porción, lo más representativa, de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas” (p.83).

4.4.1 Clasificación de las muestras

4.4.1.1 *Muestras simples.*

MAE, (2015) define: “muestra individual, tomada al azar (con relación al tiempo y/o lugar de un volumen de agua), representa la calidad del agua en el tiempo y en lugar en que fue tomada” (p.83).

4.4.1.2 *Muestras compuestas.*

MAE, (2015) expone que: “formada por mezcla de alícuotas de muestras individuales, tomadas a intervalos y durante un período de tiempo predeterminado” (p.83).

4.5 Las determinaciones de campo.

Según el AM 028 los parámetros a determinar en el campo son:

- Caudal
- Ph
- Temperatura

4.5.1 Medición del caudal.

El caudal es el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo a través de una sección dada de un curso o conducción de agua. El método para la medición del caudal será elegido por del sujeto de control de acuerdo a las características de lugar.

4.5.2 Medición del pH.

Wikipedia, (2016) menciona:

> El valor del pH se puede medir de forma precisa mediante un potenciómetro, también conocido como pH-metro (/pe achímetr), un instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno.

4.5.3 Medición de temperatura.

Wikipedia, (2016) expresa: “la temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro”.

4.6 Caracterización de un agua residual.

MAE, (2015) afirma: “es un proceso destinado al conocimiento integral y estadísticamente confiables de las características del agua residual (doméstica e industrial), integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico” (p.81).

4.6.1 Parámetros Físicos

León y Peralta, (2009) afirma: “son aquellos parámetros que dan las características físicas de visibles en el agua, se pone en consideración a continuación su descripción y los problemas que causan al agua”.

4.6.1.1 *Color y olor.*

Peralta, (2009) sugiere: “sirven como indicadores para el grado de contaminación por residuos y su presencia en aguas residuales es signo de un pre tratamiento inadecuado antes de la descarga” (p.43).

4.6.1.2 *Sólidos totales.*

García, (2012) menciona: “es la representación de la suma de los SDT (Solidos disueltos totales) y SST (Solidos suspendidos totales) además estos poseen fracciones de solidos fijos y solidos volátiles, que pueden ser sedimentables y no sedimentables” (p.22).

4.6.1.3 *Temperatura.*

Peralta (2009) define: “es aquella que puede influir de forma significativa en las especies acuáticas determinado su metabolismo, productividad primaria respiración y descomposición de la materia orgánica” (p. 45).

4.6.1.4 *Parámetros Químicos.*

León y Peralta, (2009) menciona: “son aquellos parámetros que solo se pueden determinar a través del análisis de laboratorio, su importancia radica en los efectos que producen todo esto sobre los organismos acuáticos ya sea estos, vegetales o animales”

4.6.1.5 *pH.*

Según Universidad Nacional Abiertas y a Distancia nos menciona que: “el valor de pH o potencial de Hidrógeno es una medida fundamental en prácticamente todas las etapas de un proceso de tratamiento de aguas (neutralización, suavización, coagulación, desinfección y control de corrosión)”.

4.6.1.6 *Demanda bioquímica de oxigeno (DBO).*

Marcilli, (2005) afirma:

> El DBO sirve para medir la concentración de contaminantes orgánicos, en las aguas que resultan de uso doméstico este parámetro se define como la concentración de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos, presentes en el agua o añadidos a ella para efectuar la medida la medición en la oxidación de toda la materia orgánica presente en la muestra de agua. Su valor debe ser inferior a 8 Mg/l (p.1).

4.6.1.7 *Demanda química oxigeno (DQO)*

Peralta, (2015) menciona “que el DQO es la que se usa para medir el material orgánico presente en las aguas residuales susceptibles de ser oxidado con una solución de dicromato en medio acido.” (p.

4.6.1.8 *Cloruros*

Los cloruros son unas de las sales que están presentes en la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales en aguas se tiene conocimiento que las heces humanas, por ejemplo, suponen unos 6g de cloruros por persona y día.

4.6.1.9 *Nitrógeno total.*

INFOJARDIN, (2002-2015) nos expresa:

> El conjunto de las formas de nitrógeno reducidas orgánicas y amoniacales, y no la totalidad del nitrógeno (se refiere al resultado de determinar todo el nitrógeno presente en el agua, a excepción de los nitritos y nitratos); el nitrógeno puede existir también en forma de nitrógeno nitroso y nítrico independientemente del nitrógeno gaseoso (forma neutra); incluye principalmente el nitrógeno amoniacal y el orgánico, constituido éste último por proteínas, polipéptidos y aminoácidos.

4.6.1.10 *Fósforo total*

European INventory of Existing Commercial chemical Substances (s/f) menciona: “es un elemento químico de número atómico 15 y símbolo P y se encuentra en la naturaleza combinado en fosfatos inorgánicos y en organismos vivos, pero nunca en estado nativo”.

4.6.2 Parámetros Biológicos.

Opazo, (2009) afirma:

> Los parámetros biológicos es importante considerar a los organismos patógenos que se encuentran presentes en las aguas residuales pueden provenir de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una enfermedad determinada. Las clases de organismos que se puedan encontrar en las aguas residuales son: bacterias, parásitos y virus (p.49).

4.6.2.1 *Bacterias*

Peralta, (2015) expresa: “a las bacterias como uno de los principales grupos patógenos presentes en aguas residuales entre ellos el género Salmonella el cual contiene una gran variedad de especies que pueden causar enfermedades en humanos y animales.”(p.50)

4.6.2.2 *Protozoos*

León, (2015) menciona:

> Los protozoos son algunas especies como el Critosporidium parvum, Cyclospora y guardia lamblia de gran interés debido a su impacto sobre individuos con deficiencias en su sistema inmunológico como es el caso de niños, personas de avanzada edad, individuos con cáncer o aquellas personas víctimas del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (p.50 – 52).

4.6.2.3 *Coliformes fecales*

Valencia (2013) afirma:

> Los coliformes fecales son los microorganismos patógenos que existen en las aguas residuales y que son pocos y difíciles de identificar, por esta razón se

utiliza los microorganismos coliformes como un organismo indicador de contaminación o presencia de organismos productores de alguna enfermedad.

4.7 La Fitorremediación como alternativa para el tratamiento de Aguas Residuales.

4.7.1 Definición.

Según Alkorta, (2000) expresa: “La Fitorremediación es una tecnologías emergente verde para la remediación de suelos, sedimentos, agua superficial y subterránea, que se basa en el uso de especies vegetales como principal agente descontaminador para eliminar contaminantes peligrosas para el medio ambiente”.

Según Núñez, citado por (Jerez, 2013) mencionan: “El término Fitorremediación proviene de fito, que en griego significa planta o vegetal, y del término remediar, que proviene del latín remediare”.

Según Volque, Velazco, citado por (Jerez 2013) señalaron que: “Se trata de una serie de tecnologías o procesos que utilizan plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos y sedimentos”.

López (2003) menciona: “la Fitorremediación existen limitantes tales como condiciones que impiden un crecimiento normal de las plantas, concentraciones de contaminantes que exceden del nivel de tolerancia de éstas, el tiempo para la descontaminación (la Fitorremediación es lenta), etc”.

4.7.2 Ventajas y desventajas de la Fitorremediación.

Delgadillo y López (2011) como cito en Oquendo, (2016) afirman:

Los procesos de fitorremediación poseen una serie de ventajas y limitaciones. Estas pueden tomarse en cuenta desde parámetros de comparación con otras tecnologías convencionales o simplemente con la ingeniería en si del proceso. Estos parámetros se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. *Ventajas y desventajas de la Fitorremediación.*

Ventajas	Desventajas
1. Se puede realizar in situ y ex situ 2. Las plantas pueden ser utilizadas como bombas extractoras de bajo costo para depurar suelos y aguas contaminadas (costo 7-10 veces menor respecto de los métodos tradicionales). 3. Las plantas emplean energía solar. 4. Algunos procesos degradativos ocurren en forma más rápida con plantas que con microorganismos. 5. Es un método apropiado para descontaminar superficies grandes o para finalizar la descontaminación de áreas restringidas en plazos largos. 6. Es una metodología con buena aceptación pública.	1. El proceso se limita a la profundidad de penetración de las raíces o a aguas poco profundas. 2. Se restringe a sitios de contaminación superficial dentro de la rizósfera de la planta. 3. La fitotoxicidad es un limitante en áreas fuertemente contaminadas. 4. Los tiempos del proceso pueden ser muy prolongados. 5. Deben considerarse contaminaciones potenciales de la cadena alimentaria y napas de agua. 6. Se requiere comprender mejor la naturaleza 7. de los productos de degradación (Fitodegradación).

7. Se generan menos residuos secundarios. 8. Es poco perjudicial para el ambiente.	8. En sistemas acuáticos se puede favorecer la diseminación de plagas, tales como los mosquitos.

Fuente: Delgadillo – López, et al. (2011)

4.7.3 Mecanismos de Fitorremediación.

Según Ghosh y Singh, (2005) mencionan: “existen muchos mecanismos de Fitorremediación para la eliminación o remoción de contaminantes. Dependiendo del elemento o residuo a tratar y la especie vegetal a utilizar se manifiesta su complejidad, importancia, metodología y resultados de la investigación”.

Tabla 2. *Mecanismos de Fitorremediación.*

Fuente: Ghosh y Singh, (2005).

Proceso	Mecanismo	Contaminante
Fitoestabilización	Complejación	Orgánicos e inorgánicos
Fitoextracción	Hiperacumulación	Inorgánicos
Fitovolatilización	Volatización a través de las hojas	Orgánicos e inorgánicos
Fitoinmovilización	Acumulación en la rizósfera	Orgánicos e inorgánicos
Fitodegradación	Uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes	Orgánicos
Rizofiltración	Uso de raíces para absorber y adsorber contaminantes del agua	Orgánicos e inorgánicos

Fuente: Ghosh y Singh, (2005).

4.7.4 Clasificación de la fitorremediación.

- Fitoextracción Las plantas se usan para concentrar metales en las partes cosechables (principalmente, la parte aérea).
- Rizofiltración Las raíces de las plantas se usan para adsorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados.
- Fitoestimulación Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos).
- Fitoestabilización Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire.
- Fitotransformación - Fitodegradación: Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos no tóxicos o menos tóxicos.
- Fitovolatilización: Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera mediante la transpiración.

4.7.5 La Rizofiltración.

Agroecosytems, (2011) como se citó en Dushenkov et al., (1995) nos menciona:

> Que la rizofiltración utiliza las plantas para eliminar del medio hídrico contaminantes a través de la raíz. En la rizofiltración estas plantas se cultivan de manera hidropónica. Cuando el sistema radicular está bien desarrollado, las plantas se introducen en el agua contaminada con metales, en donde las raíces los absorben y acumulan (p.601).

4.8 Especies con potencial fitorremediador para Aguas Residuales.

Según Zarela y GestAcuarios, (2012) nos mencionan:

> Las especies acuáticas son aquellas que pueden crecer bajo el agua existe una variedad de plantas acuáticas muy variables, desde algas unicelulares hasta organismos complejos en los que cada parte hojas, tallo, flores, etc., han evolucionado para realizar una función que contribuya a la supervivencia. Las plantas acuáticas son aquellas que requieren una gran cantidad de agua en sus raíces para vivir, crecen en medios muy húmedos y completamente inundados, básicamente tienen los mismos requerimientos nutricionales de las plantas terrestres.

Según P y J, (2011) menciona:

> Las plantas acuáticas flotantes son aquellas que crecen sobre la superficie del agua (sin sustrato) flotando. Se reproducen con mucha facilidad y en períodos muy cortos. Son sensibles al frío y a las heladas, por lo que en zonas de clima frío, se recomienda tenerlas en un invernadero con una excelente luz y en lo posible sol. Son especies que necesitan de pleno sol o media sombra ligera.

Según Núñez et al, (2004) mencionan: “que las plantas acuáticas flotantes se subdividen”:

Plantas de libre flotación (no fijas): Sus tallos y hojas se desarrollan sobre la superficie del agua. Sin embargo, sus raíces no están fijas en ningún sustrato y cuelgan en la columna de agua. Sus estructuras vegetativas y reproductivas se mantienen emergentes. Ejemplos: lirio acuático (Eichhornia crassipes), lenteja de agua (Lemna spp), Helecho acuático (Azolla spp), repollito de agua, pistia o lechuga de agua (Pistia stratiotes), Trébol de agua (Meyanthes trifoliata).

Plantas de hoja flotante (fijas): Tienen sus hojas flotando sobre la superficie del agua, pero sus raíces están fijas en los sedimentos. Ejemplo: nenúfares (Nymphaea elegans y Nymphoides fallax).

4.8.1 Características Generales de las Especies Vegetales a utilizar.

4.8.1.1 *Lechuga de agua (Pistia stratiotes L).*

4.8.1.1.1 Taxonomía científica de la Planta acuática.

Reino: *Plantae*

Subfamilia: *Aroideae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Alismatales*

Género: *Pistia L.*

Especie: *Pistia stratiotes*

Clasificador: *L. Royle*

4.8.1.1.2 Distribución Geográfica.

Andrade, (2015) menciona “se la puede encontrar en las regiones tropicales y sub tropicales del mundo, en Ecuador se encuentra distribuida con mayor frecuencia en la Región Amazónica y la costa Ecuatoriana”. (p.22)

4.8.1.1.3 Condiciones climáticas.

Andrade, (20159 menciona “no aguanta los inviernos duros. Su temperatura mínima de crecimiento es de 15 a 35ºC, siendo su temperatura optima de crecimiento entre los 22 y los 30ºC, se adapta a aguas ligeramente acidas de entre 5,5 a 7,2 unidades”. (p.22)

4.8.1.1.4 Exigencias y mantenimiento.

Es recomendable ponerla en el estanque sólo a mediados de primavera. La planta no vive en contacto directo con el agua, el terreno deberá estar siempre muy húmedo. Si no se controla su población puede llegar a ocupar con facilidad toda la superficie del agua hasta tal punto de no poder ver el agua o los peces que podamos tener debajo. (Wikipedia, 2015)

4.8.1.1.5 Morfología.

Fleppc.org, (s/f) menciona:

> Flotante de hierbas en rosetas de hojas de color verde grisáceo, rosetas se produzca solos o conectados a otros por estolones cortos. Raíces numerosos, con plumas. Las hojas a menudo cerca de la base esponjosa, suave densamente pubescente con las venas paralelas obvias, ligeramente más amplio de largo, más ancho en el ápice, de 15 cm (6 pulgadas) de largo. Flores poco visible, agrupados en, pequeño tallo carnoso casi oculto en axilas de las hojas, con la flor femenina sola abajo y verticilo de flores masculinas anteriores. Fruta que surge de la flor femenina como una baya verde con muchas semillas

4.8.1.1.6 Utilidad.

Ruiz, (2013) menciona “para acuarios, pequeños estanques o para lugares muy húmedos situados en la proximidad de las corrientes de agua. Estas plantas flotantes contribuyen a sanear y clarificar el agua del estanque”.

4.8.1.1.7 Reproducción.

Es fácil de propagar por estolones. También se puede propagar por semillas. Su reproducción es rápida, las plantas botan sus semillas al fondo del agua (tierra) en un periodo de 10 a 12 días, las nuevas plantitas suben a la superficie multiplicándose en gran número. (EcuaRed, 2015).

4.8.1.2 *Redondita de agua (Hydrocotyle ranunculoides L.f).*

4.8.1.2.1 Taxonomía científica de la Planta acuática.

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Apiales*

Familia: *Apiacea*

Género: *Hidrocotyle*

Especie: *Ranunculoides*

Nombre científico: *Hydrocotyle ranunculoides L.f*

4.8.1.2.2 Distribución Geográfica.

Según Wikipedia, (2013) menciona: “esta especie vegetal es una planta acuática de la familia Araliaceae, nativa de Norte y Sudamérica, y partes de África. Por otro lado, es una especie amenazada en partes de su área endémica de EE. UU”.

4.8.1.2.3 Condiciones climáticas.

EcuRed, menciona: “esta puede oscilar entre los 5° a 25°C, en Cuba soportan temperaturas más altas, alrededor de los 28°C”.

4.8.1.2.4 Exigencias y mantenimiento.

Según EcuRed, (2016) mención: “no es muy exigente con su medio ambiente ya que se da bien en aguas con un rango de temperatura de 15 a 28 °C, dureza baja o alta, aunque prefiere aguas duras y Ph de 5 a 9 en el nacimiento de cada hoja brota un grupo de raíces”.

4.8.1.2.5 Morfología.

Según Wikipedia menciona:

> Tiene tallos horizontales, rizomatosos y estolóníferos, finos hasta robustos, glabros, acuáticos flotantes, y también rastreros en suelo saturado, con nudos radicantes. Los escapos son glabros, que pueden llegar a medir hasta 15-45 mm largo, opuestos a las hojas. Hojas con pecíolos delgados, no peltadas, 3-40 cm de longitud. Las estípulas son cóncavas, orbiculares, enteras, estrías pards; las láminas suborbiculares a reniformes, 5-7-nervadas, base emarginada, hendida hasta la mitad, 5-8 mm largo. Tiene umbelas simples, 4-12-flores, y pedicelos de 1-2 mm de largo, ascendentes. Los involucros con brácteas de 1-2 mm d largo, y ápice obtuso. Pétalos cremosos, puntuados, aovados, acuminados, 0,4-0,7 mm de largo. Su estilopodio es plano, estilos de 1 mm de longitud. Fruto suborbicular, lateralmente apretado, base emarginada, castraño-amarillento a pardo-rojizo.

4.8.1.2.6 Reproducción.

Wikipedia, (2016) menciona:

> Se reproduce fácilmente de forma lateral, por esquejes, si le cortamos cualquier lado del tallo y sembramos luego la parte con la hoja, al tallo le vuelve a salir raíces. Este corte se debe hacer con tijeras para producir un corte limpio ya que los cortes con las manos podrían aplastar el tallo provocando que estos acaben pudriéndose. Se debe plantar en manojos de 4 o 5 plantas manteniendo una distancia de unos 5 a 10 cm, entre manojos, para que pueda desarrollarse bien.

4.9 Estudios realizados.

4.9.1 Eficiencia de la Lechuga de Agua 'Pistia stratiotes' en la Remoción de Nutrientes del Agua Residual Doméstica, Urbanización la Gloria, ATE – 2014

Se realizó la eficiencia de la Lechuga de agua *(Pistia stratiotes L.),* en la remoción de fosfato, amonio y nitrato del agua residual doméstica de la urbanización La Gloria del distrito de Ate, para lo cual se trabajó con una muestra de 200 litros de agua residual doméstica, luego de extraer el agua residual se realizó análisis in situ y de laboratorio mediante el método colorimétrico, haciendo uso del espectrofotómetro, para determinar las concentraciones en las que se encuentra el agua, después se realizó un tratamiento previo de 15 días con la finalidad de a climatizar, evaluar su desarrollo y la eficiencia, luego se realizó el experimento por 21 días, con la finalidad de analizar la eficiencia de la Pistia stratiotes en la remoción de fosfato, amonio y nitrato, obteniendo como resultado que la Pistia stratiotes es eficiente en la de remoción de nutrientes, llegando a disminuir un 92.26% y 92.46%, en los tiempos respectivos, por lo que esta planta acuática puede ser utilizada como fitoremediador para aguas residuales domésticas. (Chupan, 2014)

4.9.2 Evaluación la eficacia del lirios acuáticos (*Eichhornia crassipes y Pistia stratiotes)* a través del análisis del efluente de una laguna de estabilización en Austin, Texas, EUA.

Se encontró que los lirios acuáticos extraían las algas partículas suspendidas e impurezas en solución. El efluente fue claro, bajo en nitrógeno y bacterias coliformes. Los lirios acuáticos acumularon asimismo metales pesados y otros minerales y redujeron la DBO en 97%. La lechuga de agua (*Pistia stratiotes)* también demostró una capacidad de extracción similar a la de los lirios, y fue más eficiente para acumular el sodio. El uso de los lirios acuáticos para el tratamiento de aguas residuales en zonas subtropicales es el método más económico y más fácil. (Dinges, 1976)

4.9.3 Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Eichhornia crassipes mart.* (Jacinto de agua), *Pistia stratiotes L.* (lechuga de agua) en el tratamiento de aguas residuales domésticas procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Unión Milagreña del cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana

Esta investigación determinó que la utilización de las macrofitas acuáticas para el tratamiento de las aguas residuales, tal es el caso de estudios realizados con las pantas flotantes como *Pistia estratiotes L,* se determinó una disminución de los parámetros que se tomaron como indicadores en los cuales tenemos*:* Sólidos Totales 60,02%,Demanda Química de Oxigeno 82,20%, Demanda Bioquímica de Oxigeno 82,26%, Fósforo 85,06%, coliformes fecales es de $1{,}1x10^5$ NMP/100mL y la *Eichhornia crassipes Mart*, se obtuvo una disminución de los parámetros tal y como se indica a continuación: Sólidos Totales 47,95%, Demanda Química de Oxigeno

25,21%, Demanda Bioquímica de Oxigeno inicial 25%, Fósforo 78,83%,Coliformes fecales es de1,2x10^5 NMP/100ml, que han demostrado que son capaces de depurar las aguas residuales. (Andrade, 2016)

4.10 Marco legal

La **Constitución de la República del Ecuador,** (2008) en el Art. 12 manifiesta: “el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable”. Además esto se fortalece cuando en el Art. 14 y el capítulo VI, Art. 66, Núm. 27 se: “refiere a que la población tiene el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir”. En el Capítulo VII de los derechos de la naturaleza, en el Art. 72; Manifiesta que la naturaleza tiene derecho a la restauración; por lo tanto será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas, Art. 276 el régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos, literal 4; menciona que debemos recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo-

De la misma forma en los Art. 397 y Art. 411 menciona que en caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas, así como también garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas

hidrográficas y caudales asociados al ciclo hidrológico. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

La **Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua,** Título I, Capítulo I, Art. 3 Objeto de la ley menciona garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el sumak kawsay o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

En el Título II, Capítulo VI de Garantías preventivas, Sección II Objetivos de Prevención y Control de la Contaminación del Agua en el Art. 79, manifiesta que para que se cumplan los objetivos de prevención y conservación del agua deben trabajar coordinadamente, la autoridad única del agua con los gobiernos autónomos descentralizados; y en el capítulo VI, sección II, Art. 80 manifiesta que se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público. Asamblea Nacional del Ecuador, (2008).

Ley de Prevención y Control de la Contaminación Codificación número 20, RO/418 del 10 de Septiembre del 2004, la misma que regula la protección de los recursos aire, agua, suelo y la conservación, mejoramiento y restauración del ambiente, actividades que se declaran de interés público y específicamente en el Capítulo II Art. 6 de esta misma ley expresa que queda prohibido descargar las

aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la flora y a la fauna, en las quebradas acequias, ríos, lagos naturales o artificiales o a su vez dejar que estas se infiltren en los terrenos. En el Art. 7 y 8 manifiesta que el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y Defensa, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor.

En el **Art. 9** menciona que el Ministerio de Salud y del Ambiente en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultado para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley.

Acuerdo Ministerial 028 Reforma al Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente en el Libro VI, Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, nos menciona que las aguas residuales que no cumplan, con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia, tomando en cuenta los siguientes artículos: **Art. 7** dice que la competencia de evaluación de impacto ambiental corresponde a la Autoridad Ambiental Nacional el proceso de evaluación de impacto ambiental, el cual podrá ser delegado a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, metropolitanos y/o municipales a través de un proceso de acreditación conforme a lo establecido en este Libro. En el **Art. 209** menciona la calidad del agua son las características físicas, químicas y biológicas

que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico, como también la evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I.

De la misma forma en el Art. 257 manifiesta es la actividad de toma de muestras con fines de evaluación de la calidad ambiental, establecidas en el Plan de Monitoreo Ambiental la toma de muestras puede requerir de disposiciones puntuales sobre el sitio de muestreo, la temporalidad de los muestreos, el tipo y frecuencia de muestreo, los procedimientos o métodos de muestreo, los tipos de envases y procedimientos de preservación para la muestra de acuerdo a los parámetros a analizar.

5.10.3.1 Principios básicos para descarga de efluentes.

Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.

Los laboratorios que realicen los análisis de muestras agua de efluentes o cuerpos receptores deberán estar acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

Para la realización de este trabajo se tomó en consideración el libro VI del anexo 1 para identificar los límites permisibles de las descargas de agua a un cuerpo de agua dulce.

En el Libro VI. De Calidad Ambiental. Anexo 1 “Norma de calidad ambiental de descargas de efluentes: recurso agua. La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la ley de la Gestión Ambiental y del

Reglamento de ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. **Tabla 10. Límite de descargas a un cuerpo de agua dulce.**

5.10.3.2 Límites de descarga a cuerpos de agua dulce, parámetros con respecto al tratamiento de aguas residuales domésticas.

Los límites de descargas a cuerpos de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a en la siguiente tabla.

Tabla 3. *Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.*

Parámetro	Limite Max. Permisible (mg/l
DBO	100
DBQ	200
SST	130
Nitrógeno Amoniacal (NH3-N)	30
Nitrógeno Orgánico	50
Grasas y Aceites	30
SAAM	0,5
Ph	0,5
Sulfatos	Neutro
Coliformes Totales	-
Coliformes Fecales	10000

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2015 (p.102)

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIALES.

5.1.1 Materiales de campo.

Entre los materiales de campo más importantes que se utilizó son:

- GPS
- Cronómetro
- Peachímetro
- Cámara fotográfica
- Recipientes de plástico
- Mascarillas
- Botas
- Guantes
- Herramientas: barreta, nivel, lampa, serrucho.
- Materiales de instalación y construcción:
- Tuvo pvc de 4 y 2 Pulg
- Manguera de $^{1}/_{2}$".
- Grifos, silicona, teflón
- Plástico, listones de madera
- Libreta y hojas de registro

5.1.2 Materiales de oficina.

Entre los materiales de oficina más utilizados fueron:

- Computador, impresora, scanner, calculadora

- Fuentes de información: Internet, libros y revistas
- Hojas de papel bond
- Medios de almacenamiento: flash memory, CDs
- Anillados

5.2 METÓDOS.

5.2.1 Ubicación Política y Geográfica del área de estudio.

Esta investigación se desarrolló en la Granja “El Guayabal” que tiene una dimensión de 1Ha de terreno para la crianza, engorde y venta con un total de 103 cerdos que se encuentra ubicada en el barrio Nambija Bajo de la parroquia Cumbaratza, Cantón Zamora en la provincia de Zamora Chinchipe y geográficamente en las coordenadas UTM X: 738772, Y: 9561400 a una altitud de 847m.s.n.m.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Fotografía 1. *Mapa de ubicación del Área de Estudio.*

5.3 Delimitación Geográfica del barrió Nambija Bajo.

5.3.1 Límites.

Al Norte: con el Río Zamora.

Al Sur: con la cordillera sin nombre.

Al Este: con el Barrio Chamico.

Al Oeste: con la Parroquia Cumbaratza.

5.4 Aspectos biofísicos y climáticos.

5.4.1 Aspectos biofísicos.

5.4.1.1 *Suelo.*

La parroquia presenta suelos de tipo DISTROPEPTS y DISTROPEPETS de coloraciones amarilla, pardo oscuros y pardo rojizos, en su mayoría de baja fertilidad, inestables, pobres en materia orgánica, con baja capacidad de retención de la humedad, muy superficiales, de textura arcillosa y pH tendiente a ácidos, exceptuándose algunos suelos que están en los valles, que son utilizados para las actividades de agricultura, se encuentran principalmente en las superficies de las riveras del Río Zamora, por lo general son suelos de característica fumífero y algunos franco- limosos, con presencia de materia orgánica de los sedimentos de las crecientes del Río. (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Cumbaratza “GADP Cumbaratza”, 2010)

5.4.1.2 *Topografía.*

Dentro del barrio Nambija Bajo, se distinguen zonas montañosas bajas, con altitudes variadas lo que determina irregularidad de superficie, que van desde planas, cóncavas, pendientes y muy pendientes. (GADP Cumbaratza, 2010).

5.4.1.3 *Hidrología.*

En el barrio Nambija Bajo es parte de la principal red hídrica de gran importancia el Río Zamora, en su curso de dirección Sur-Norte atraviesa por la Granja “El Guayabal” mientras que por el margen izquierdo recibe una quebrada s/n y por el margen derecho, recibe la afluencia del Río Nambija. (GADP Cumbaratza, 2010).

5.4.2 Climáticos.

5.4.2.1 *Clima.*

Los datos climáticos de la parroquia Cumbaratza son tomados del plan de Desarrollo del cantón Zamora y por lo tanto, posee una variedad de pisos altitudinales, pero en forma general se determina un clima cálido húmedo, con una precipitación media anual de 1950.1 mm. El mes de marzo registra la máxima precipitación de 199.2 mm, en tanto que los meses de julio y agosto registran 145.9 y 137.3 mm, respectivamente. Estos últimos considerados como los más secos del año respectivamente. (GADP Cumbaratza, 2010).

5.4.2.2 *Temperatura.*

Según los datos estadísticos tomados por la estación Zamora (1964 – 1992) la temperatura media anual de la parroquia es de 21.8°C, con variabilidad isotérmica. El mes más frío es julio con 20.4ºC, mientras que los meses más cálidos son

noviembre y diciembre con 22.8°C y 22.6ºC, respectivamente. (GADP Cumbaratza, 2010).

5.5 Tipo de investigación.

Esta investigación es de tipo cuantitativo, debido a que los aspectos de su proceso y uso de resultados se enfocan principalmente la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico.

Enfoque: Cuantitativo

Alcance del estudio: Correlacional

5.5.1 Distribución de los tratamientos.

Los tratamientos que se utilizaran para realizar esta investigación son las especies vegetales redondita de agua y lechuga de agua.

5.5.2 Hipótesis de investigación:

Hipótesis general: El nivel de descontaminación del agua contaminados por la porcicultura, depende del potencial fitorremediador de las especies Redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides Lf*) y Lechuga de agua *(Pistia stratiotes L*)

Hipótesis especificas.- La especie Redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides Lf*) tiene mayor potencial fitorremediador que la especie Lechuga de agua *(Pistia stratiotes L*).

La especie de Lechuga de agua *(Pistia stratiotes L*) tiene mayor potencial fitorremediador que la especie Redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides Lf*).

5.5.3 Variables en estudio.

Dependiente: Nivel de descontaminación del agua.

Independiente: Potencial de Fitorremediación de las especies

5.5.4 Hipótesis.

5.5.4.1 *Hipótesis de investigación.*

El nivel de descontaminación del agua por actividad porcícola dependerá del potencial fitorremediador de las especies estudiadas en la presente investigación.

5.5.5 Modelo estadístico.

El diseño experimental a utilizar para el presente estudio será el Chi cuadrado el modelo matemático que se describe su fórmula a continuación:

$$X^2 = \Sigma \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$

Donde:

X^2= Chi cuadrado.

∑= Sumatoria

Fo=Frecuencia del valor observado

Fe= Frecuencia del valor esperado

5.5.6 Población.

Se trabajó con 40 plantas de cada especie acuática en el tratamientos 1 y en el tratamiento 2.

5.5.7 Muestra.

Se evaluó 10 plantas de cada especie acuática en los siguientes tratamientos: uno y dos cada 2 meses.

5.6 Metodología para el primer objetivo.

“Realizar el diagnóstico del estado actual de las aguas provenientes por la actividad de la porcicultura en la Granja “El Guayabal”, del Barrio Nambija bajo, Parroquia Cumbaratza”

5.6.1 Recorrido de campo.

Se realizó un recorrido de campo en la Granja “El Guayabal” donde se identificó: el estado actual, el manejo, los problemas, la alimentación, las actividades, además saber cal es el fin de la Granja porcina y al mismo tiempo determinar el punto de descarga de las aguas residuales.

5.6.2 Entrevista con el propietario de la Granja.

Se realizó la entrevista al propietario de la granja, la misma que sirvió para la recolección de información detallada de la Granja Porcina. (Ver Anexo 1.

5.6.3 Protocolo de muestreo.

Para realizar la toma de las muestras se realizó un recorrido con el fin de identificar el punto exacto de vertimiento de las aguas residuales en el cuerpo

receptor, donde se procedió a realizar el muestreo guiándonos en el protocolo de muestreo que a continuación se detalla:

5.6.4 Identificación del lugar de muestreo.

Para la toma de la muestra se realizó un recorrido con el fin de identificar el punto exacto de descarga de las aguas residuales proveniente de la Granja “El Guayabal”, además con la ayuda de un GPS se ubicó el punto de muestreo.

5.6.5 Horario de recolección.

Para realizar esta actividad se tomó en cuenta el horario de 09h00am, dónde existe mayor generación de agua residual, por lo tanto se recolectó una muestra simple, de manera que se usó guantes esterilizados de látex y mascarilla. Además no se tocó la boca de los envases con los grifos o superficies aledañas, para de esta manera no alterar la muestra recolectada. (Ver fotografía 1).

Fotografía 2. *Recolección de la muestra*

5.6.6 Tipo de recipiente a utilizar.

Los tipos de recipientes que se emplearón para la toma de las muestras de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, establecidos en la tabla

1: Técnicas generales para la conservación de muestras – análisis físico- químico, es un recipiente de plástico.

Para el análisis microbiológico según la TABLA 3 - Técnicas generales recomendadas para la conservación de muestras para el análisis Microbiológico de las mismas Normas NTE INEN 2169:98 será de plástico, para los coliformes fecales.

5.6.7 Tipo de muestra.

El tipo de muestra que se realizó es una muestra puntual simple.

5.6.8 Cantidad de muestra.

La cantidad de muestra tomada fue1000 ml la misma que sirvió para realizar los análisis físico-químicos microbiológicos, estos valores se tomarón como referencia de las disposiciones y requerimientos del laboratorio CIESSA.

5.6.9 Etiquetado.

Una vez obtenida la muestra se realizó el etiquetado en donde se describieron los siguientes datos: número de muestra, nombre de quien realizó la recolección, fecha y hora de recolección, identificación del punto de muestreo (coordenadas), y método de recolección.

5.6.10 Envió de las muestras al laboratorio.

Las muestras tomadas, se procedió a utilizar una nevera portátil (coolers), para mantenerlas refrigeradas y frescas las muestras, protegiéndolas de posibles rupturas en los recipientes al transportarlas evitando de esta manera la alteración de sus

características, físicas, químicas o biológicas, para finalmente ser transportadas al laboratorio CIESSA de la ciudad de Loja, con un periodo de 3 horas.

5.6.11 Parámetros a ser analizados.

Los parámetros a analizar según el Acuerdo Ministerial 028, reforma al libro VI del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), establecidos en la Tabla 10 son los siguientes (p.24):

5.6.11.1.1Parámetros In Situ

- Caudal
- Ph
- Temperatura.

5.6.11.1.2Parámetros Ex situ

- DBO
- DQO
- SST
- Nitrógeno Total (N)
- Fósforo Total (P)
- Coliformes Fecales.

Cabe recalcar que la toma y medición de los parámetros de la muestra se realizó al inicio para saber el estado actual del agua residual y al final, después de la implementación de las piscinas experimentales se tomó muestras de agua, para realizar la comparación y probación de la eficacia de las especies empleadas.

Así mismo se realizó rellenado la ficha de caracterización del agua para los parámetros medidos en el sitio de muestreo y los análisis a realizar en el laboratorio, así como otras características del agua se registrarón en la cadena de custodia.

5.6.12 Parámetros a analizar In Situ.

Caudal, pH y temperatura.

- **Medición del Caudal**

La medición del caudal de la descarga de agua residual se realizó en un recipiente con capacidad de 10 litros, que consiste en llenar el envase en su totalidad y tomar el tiempo transcurrido desde el ingreso del recipiente a la caída de agua hasta que se lo retira, además se utilizó un cronómetro para controlar el tiempo realizando tres mediciones para posteriormente obtener un promedio, donde se obtendrá el caudal mediante la siguiente fórmula.

$$Q = V/T$$

Q = Caudal (l/s)

V = Volumen (litros)

T = Tiempo promedio de las repeticiones.

El resultado se lo expresara en l/s.

Con respecto a la medición del caudal, se realizó en tres periodos, esto con el fin de obtener un promedio, las horas de medición fueron: (08H00 ,15H00 y 17H00).

- **Medición del pH.**

Se desarrolló la medición del pH primeramente procediendo a purgar el envase, esto con el propósito de evitar alteraciones en los resultados, seguidamente se recogió la cantidad de agua residual procedente del lavado de las celdas de la Granja "El Guayabal" en el envase, se procedió a introducir el Peachimetro para la respectiva medición, determinando así la acides, neutralidad o alcalinidad de la misma.

- **Medición de la temperatura.**

Para la medición de la temperatura se utilizó un frasco en el cual se recogió una muestra de agua residual, posteriormente se utilizó un termómetro para determinar la temperatura, el proceso consistió en introducir el termómetro en el recipiente por un lapso de 10 segundos y observar cuanto marca la columna numérica del termómetro, los datos fueron registrados en la libreta de campo.

5.6.13 Análisis de los resultados.

Los parámetros ex situ que se envió al laboratorio CIESSA sobre la muestra se compararón los límites máximos permisibles de descarga en cursos de agua dulce (ríos, quebradas, etc.) propuesta por el MAE, (2015) dentro del Acuerdo Ministerial 028 que sustituye el libro VI, del TULSMA.

Por consiguiente se realizó una tabla comparativa de los resultados de laboratorio y los límites máximos permisibles puestos en el Acuerdo ministerial 028, Anexo 1 del libro VI del TULSMA, Tabla 09. **Anexo 3**

5.7 Metodología para el segundo objetivo específico.

Evaluar el potencial fitorremediador de dos especies vegetales (Pistia stratiotes L.) y (Hydrocotyle ranunculoides Lf.) para la remediación de aguas contaminadas por la porcicultura en la Granja “El Guayabal”, de la parroquia Cumbaratza, cantón Zamora.

5.7.1 Selección del sitio.

En base al diagnóstico realizado, se eligió el lugar donde se construyó las piscinas experimentales (Ver fotografía 2) tomando en cuenta los siguientes criterios de selección: el sentido de las tuberías instaladas, un lugar plano, no presencia de aguas escorrentías y criterio del investigador.

Fotografía 3. *Selección del sitio*

5.7.2 Diseño experimental.

Se realizó un diseño experimental con dos tratamientos, tres repeticiones y un testigo para todos los contaminantes. Las distribuciones de tratamiento se detallan de la siguiente manera:

Tratamiento 1: Lechuga de agua (*Pistia stratiotes)*

Tratamiento2: Redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides)*

Número de repeticiones: 3

Testigo: 1

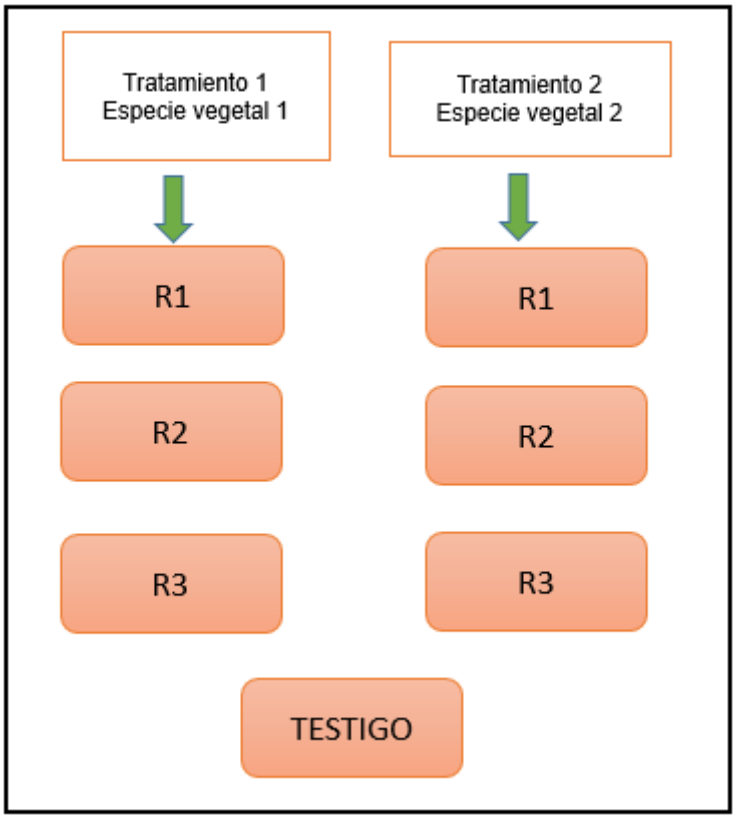


Figura 1. Distribución de los tratamientos

5.7.3 Selección del sitio para construcción de las piscinas.

Se realizó la selección del sitio para la construcción de las piscinas experimentales, tomando en cuenta los siguientes criterios: superficie plana, no presencia de aguas escorrentías, la cercanía a la caja de recolección y además criterio del investigador.

5.7.4 Construcción de las piscinas experimentales.

Se realizó un diseño para la construcción de las piscinas experimentales, considerando el sentido de las tuberías instaladas en la Granja “El Guayabal” desde la celda provisional hacia el filtro percolador de tratamiento previo y finalmente hacia las lagunas de tratamiento tomando en cuenta los siguientes pasos: La Figura 2 muestra el detalle del proceso experimental que se construyó.

Paso 1. Se construyó dos tratamientos con tres repeticiones y un testigo, la Figura 2 muestra las siguientes dimensiones de las piscinas experimentales:

Largo: Un metro (1 m); a**ncho:** Un metro (1 m); p**rofundidad:** 0.50 m; **separación:** 0.50 cm

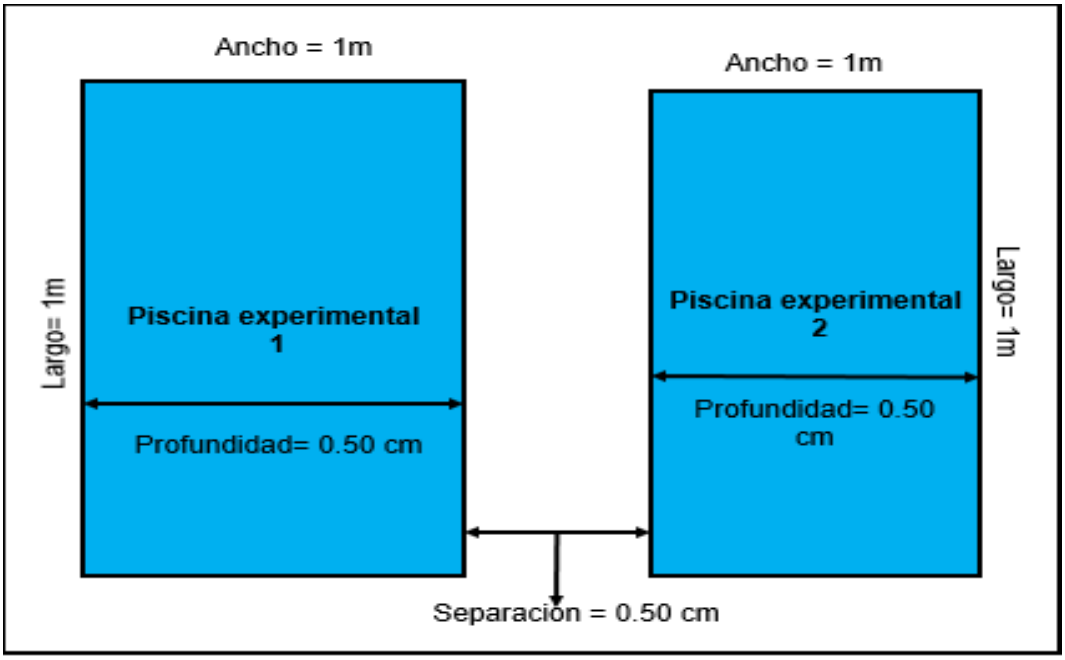


Figura 2. Dimensión de las piscinas experimentales

Fotografía 4. *Piscinas experimentales construidas*

Paso 2. Para evitar la filtración de las aguas residuales, se colocó en cada una de las piscinas experimentales una capa de plástico de color negro reforzado.

Paso 3. En el fondo de las dos piscinas experimentales, se colocó grava triturara de 5 cm para facilitar el desarrollo de las especies vegetales.

Paso 4. Luego se colocó una capa de seis centímetros de tierra en cada una de las piscinas, para favorecer el crecimiento de las especies vegetales a introducir.

Paso 5. Se realizó las conexiones de tubería y manguera para trasladar las aguas residuales desde la caja final de revisión a las piscinas de experimentación.

Paso 6. Se procedió a realizar el ingreso de las aguas residuales hacia las piscinas experimentales mediante la colocación de grifos en la parte final de la instalación, con la finalidad de regular el caudal del agua residual que ingrese a la piscina. Por lo tanto se tomó en cuenta el caudal para el ingreso de agua residual a las piscinas experimentales.

Paso 7. Se colocó la cubierta para las piscinas experimentales y se instaló las conexiones necesarias para el ingreso de las aguas residuales.

5.7.5 Obtención de las especies vegetales.

La obtención de los estolones de la especie vegetal *Hydrocotyle ranunculoides* se adquirió en el mismo lugar de estudio principalmente en la quebrada s/n del barrio Nambija bajo, ubicada en las siguientes coordenadas geográficas; X: 739033; Y: 9561770. Mientras la P*istia stratiotes* se la consiguió en el barrio Genairo, del Cantón Zamora.

5.7.6 Siembra.

Se realizó la siembra de aproximadamente 40 plantas de ambas especies vegetales mediante estolones con una separación de 10 cm entre cada una de ellas, en las piscinas experimentales.

5.7.7 Mantenimiento monitoreo de las especies acuáticas en las piscinas experimentales.

El proceso de mantenimiento y monitoreo se realizó cada 15 días, luego de la implementación de las piscinas, donde se tomarón las siguientes acciones:

- Un cerco, con el propósito de evitar la intervención de personas y animales herbívoros que se pudiesen alimentarse de las plantas.
- En caso de muerte de alguna planta dentro de la piscina experimental se realizó el remplazo inmediato de la misma.
- En caso de presencia de plagas que afecte el desarrollo de las especies, esta se la combatirá con biosidas orgánicos.

5.7.8 Seguimiento y control.

El seguimiento de las plantas se realizó durante los cuatro meses correspondientes: mayo, junio, julio y agosto; una vez al mes, sobre las características morfológicas como: altura de las plantas, número de hojas, mortalidad y % de cubrimiento.

Se observó el crecimiento o muerte de algunos brotes de las especies investigadas en los meses detallados, al mismo tiempo se observó durante los primeros 15 días del primer mes si muriera un brote se reemplazará inmediatamente otro brote.

- **Altura de planta**

Se utilizó flexómetro, para medir desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la última hoja.

- **Número de hojas**

Se contó el número de hojas de cada especie acuática cada dos meses.

- **Porcentaje de Mortalidad**

Al cabo de 15 días de sembradas las plantas en las piscinas experimentales se procedió a observar el número de plantas muertas y se registrarían en una hoja de campo.

5.7.9 Toma de muestras.

Se realizó la toma de las muestras basándonos en las normas INEN 2169: 2013 calidad del agua muestreo manejo y conservación de muestras, y 2176 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.

La empresa Gruntec se encargó de entregar los recipientes de distintas composiciones y medidas según los elementos de las aguas residuales.

5.7.10 Tipo de recipiente a utilizar

El tipo de envase los proporcionó la empresa Gruntec según los parámetros de las aguas residuales a analizarse, estos son de diferentes composiciones y medidas que van de los 50 ml a los 1000 ml.

Tabla 4. *Envases Proporcionados por la empresa Gruntec.*

PARÁMETRO	TIPO DE ENVASE	CANTIDAD (unidad)	CANTIDAD ml
Físico Químicos	Polietileno	1	1000 ml
Aniones y No metales	Polietileno	1	1000 ml
Parámetros Orgánicos	Plástico color Blanco	1	100 ml
Metales	Polietileno	1	50ml o 500 ml

Fuente: (Gruntec, 2015)

5.7.11 Cantidad de muestras a tomar.

Se recolectarón 7 muestras en total.

La primera muestra se tomó en la caja de recolección de las aguas residuales porquerizas antes de ingresar a las piscinas experimentales.

Las siguientes seis muestras se recolectarón de las piscinas experimentales Tratamiento 1; Repetición 1, Repetición 2 y Repetición 3 y en el Tratamiento 2; Repetición1, Repetición 2 y Repetición 3, además todas estas muestras se recolectarón al final de 4 meses de haber implementado los tratamientos.

5.7.12 Etiquetado

Una vez obtenida las muestras se procedió al etiquetado de las mismas ubicando en los recipientes con: Fecha, Hora, Código, Coordenadas, Cantidad, número de muestra y nombre de quien realizo la recolección.

5.7.13 Traslado de la muestra para el análisis.

Una vez acabado el muestreo, se procedió a ubicar los frascos en una nevera portátil (coolers), para mantenerlas refrigeradas y frescas las muestras, protegiéndolas de posibles rupturas en los recipientes al transportarlas evitando de esta manera la alteración de sus características, físicas, químicas o biológicas, para finalmente ser transportadas al laboratorio Gruntec de la ciudad de Quito, con un periodo de 12 horas.

5.7.14 Análisis de resultado de laboratorio.

Se procedió a comparar los resultados obtenidos por el laboratorio Gruntec procediendo a interpretar y comparar los resultados, basándonos en el Acuerdo Ministerial Nº 028 que sustituye el libro VI Anexo 1, Tabla 10 de los límites permisibles máximos de descarga a un cuerpo de agua dulce y con esto se determinaran si el agua de las piscinas experimentales cumplen con las exigencias de la normativa ambiental vigente.

5.7.15 Desarrollo del módelo estadístico

Con el análisis de los resultados del laboratorio, se procedió a determinar que tratamiento utilizado en las piscinas experimentales tiene un mayor potencial fitorremediador. Con el método estadístico se verifico si hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos de los dos tratamientos.

5.7.15.1 *Planteamiento del chi cuadrado*

- Paso 1. Realizar la conjetura de la hipótesis.
- Paso 2. Planteamiento de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.
- Paso 3. Calcular el valor de “X^2”.
- Paso 4. Determinar el valor de “p” y el grado de libertad.
- Paso 5. Ordenar el valor crítico.
- Paso 6. Realizar una comparación entre “Chi cuadrado” calculado y el valor crítico.
- Paso 7. Interpretar la comparación.

5.7.16 Diseño sistema.

El diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Granja “El Guayabal” consta de los siguientes procesos: Pretratamiento, Tratamiento primario y secundario.

Para el cálculo de las dimensiones de las piscinas se tomó en consideración el caudal y la concentración del DBO5, este último dato obtenido por el laboratorio CIESSA.

5.7.16.1 *Determinación de la población futura.*

Es el periodo de diseño proyectado en n años, con el cual se diseñara el sistema de tratamiento.

$$Pf = Pa(1 + i)^n$$

Donde:

Pf= Población futura.

Pa= Población actual.

i= Índice de crecimiento.

n= Periodo de diseño.

5.7.16.2 *Caudales de diseño.*

Es el caudal con el que se diseñó el sistema, se aplicó la fórmula:

$$Q_D = \frac{P \times D \times R}{86400}$$

P= población actual.

D= dotación de agua potable.

R= coeficiente de retorno.

5.7.16.3 *Área superficial requerida.*

El área total que tienen las piscinas se calculó mediante la siguiente formula:

$$As = \frac{Q(\ln C_o - C_e}{K_T \times y \times n}$$

As= Área superficial.

Q= Caudal de diseño, m3/día

Co= Concentración afluente, mg/l

Ce= Concentración efluente, mg/l

KT= Coeficiente de temperatura

y= Profundidad, metros

n= Coeficiente de porosidad.

5.7.16.4 *Tiempo de retención hidráulica.*

El tiempo necesario para la depuración del DBO5 se calculó mediante la siguiente formula siguiente:

$$TRH = \frac{As \times y \times n}{Q}$$

As= Área superficial.

y= Profundidad, m

n= Coeficiente de porosidad.

Q= Caudal de diseño, m3/día

6 RESULTADOS

6.1 Resultados del Primer Objetivo Específico.

Realizar el diagnóstico del estado actual de las aguas provenientes por la actividad de la porcicultura en la Granja “El Guayabal”, del Barrio Nambija bajo, Parroquia Cumbaratza.

6.1.1 Descripción del sitio

En lo referente a la recopilación de información se realizó un recorrido de campo en la Granja “El Guayabal”, la cual se dedica a la crianza, engorde y venta de cerdos para el consumo humano por más de 6 años la infraestructura esta armada de hormigón, madera y zinc para mantener al menos 100 cerdos, en la actualidad cuentan con alrededor de 43 animales, su alimentación se la realiza dos veces por día, la misma que genera desechos; y por otro lado la crianza genera excrementos; la limpieza de la granja porcina se la realiza tres veces al día a las 08h00, 15h00 y 17h00, para lo cual se utilizan escobas, palas y mangueras para remover la materia fecal de los cerdos y restos generados en su alimentación; otra actividad es la desinfección de las celdas cada tres meses para reducir enfermedades, infecciones y parásitos.

Las aguas residuales resultantes pasan por una caja de retención de sólidos de mayor tamaño cuya función es que los residuos generados en la alimentación de los cerdos como son los bagazos de caña, residuos de comida, cascaras, entre otros quedan retenidos en esta caja, como resultado tenemos que el agua sale sin materiales de gran tamaño las cuales desemboca al Río Zamora, sin embargo el nivel de la contaminación del agua no disminuye.

También se realizó una entrevista al Sr. Santiago Celio Mijas, propietario de la Granja “El Guayabal”, acerca de algunos aspectos importantes sobre el manejo de las aguas residuales generadas por la actividad que realiza en la Granja y se obtuvo los siguientes resultados. Ver anexo (1)

- En lo concerniente al manejo de las aguas residuales no existe ningún tratamiento adecuado por parte del propietario de la Granja, además no se realiza el manejo adecuado de los desechos sólidos puesto que la queman y por último el manejo del estiércol lo desechan directamente al rio Zamora.
- Actualmente cuenta con cuarenta y tres cerdos de los cuales cuenta con 2 madres parenderas, diez y siete lechones y veinte y cuadro de engorede utiizando veinte y tres celdas en su instalación.
- La cantidad de agua que utiliza la Granja es de 880 L (0.88m3) para la limpieza de las celdas, como también utiliza desinfectantes como creolina y deja para desinfectar las celdas de las madres parenderas.
- El área que aproximadamente utiliza la granja porcina es de 200m^2.

Fotografía 4. *Área total de la Granja "El Guayabal"*

6.1.2 Caracterización del Agua Residual de la Granja "El Guayabal"

Los resultados de la caracterización de las aguas residuales generadas en la Granja "El Guayabal" para los parámetros establecidos en esta investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Aguas y Suelos del Centro de Investigación, Estudios y Servicios de Aguas y Suelos de Loja "CIESSA". Ver anexo (2).

A continuación se presenta los resultados de los parámetros in situ del diagnóstico del estado actual de las aguas residuales porquerizas que se vertíe directamente al rio Zamora se expone a continuación:

6.1.3 Medición del caudal.

Cuadro 1. *Caudales de las aguas residuales porquerizas.*

CAUDAL DE AGUA RESIDUAL (l/seg.)		
Nº muestreo	**HORA**	**CAUDAL**
1	08H00	0,46
2	15H00	0,45
3	17H00	0,48
Caudales promedio		**0,46**
Total		**CAUDAL MAXIMO:** 0,48l/seg. **CAUDAL MINIMO:** 0,45l/seg. **CAUDAL MEDIO:** 0,46l/seg.

En el cuadro 1 muestran los resultados de la mediciones de los caudales obtenidos en campo durante un día en horarios de 08H00am, 15H00pm y 17H00pm, de los cuales el caudal máximo de agua residual proveniente de la granja porcina supera los 0,48litros/seg, calculando los tres caudales se tiene un promedio de 0,46 l/seg que vierte en la descarga hacia la quebrada s/n y que de forma directa conduce hacia el Río Zamora sin ningún tratamiento.

6.1.4 Medición de los parámetros del pH y Temperatura.

Los parámetros medidos en campo como el pH y la temperatura son comparados con el Acuerdo Ministerial 028 tabla 10 que sustituye al libro VI del Texto Unificado de legislación Secundaria, los resultados fueron los siguientes:

Cuadro 2. *Resultados de los parámetros In situ de las aguas residuales porquerizas de la Granja "El Guayabal.*

Medición de los Parámetros In situ		
Parámetros	**Valor**	**Límite máximo permisible. Tabla 10 TULSMA**
Ph	8	6-9
Temperatura	26°C	$^{+}_{-}$3°C

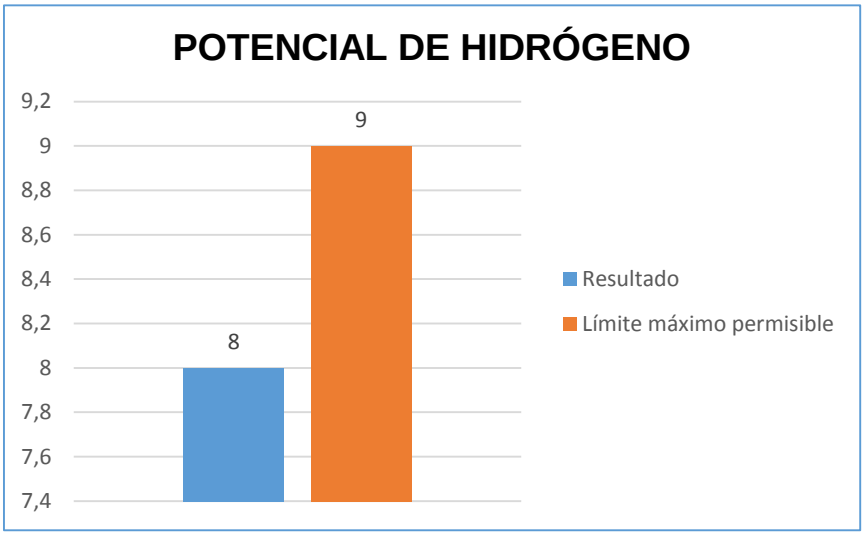


Figura 3. *Ph del agua residual.*

En la figura 3 se describe el límite permisible del potencial de hidrógeno con rango de 6 a 9 estipulado en la Normativa 028 de la tabla Nº 10 de límites de descarga de un cuerpo de agua dulce, así como también se describe el resultado del potencial de hidrógeno en el agua residual, cuyo valor se encuentra en un rango de 8 básico por lo que se deduce que el pH del agua residual que genera la granja "El Guayabal", se encuentra dentro del límite máximo permisible.

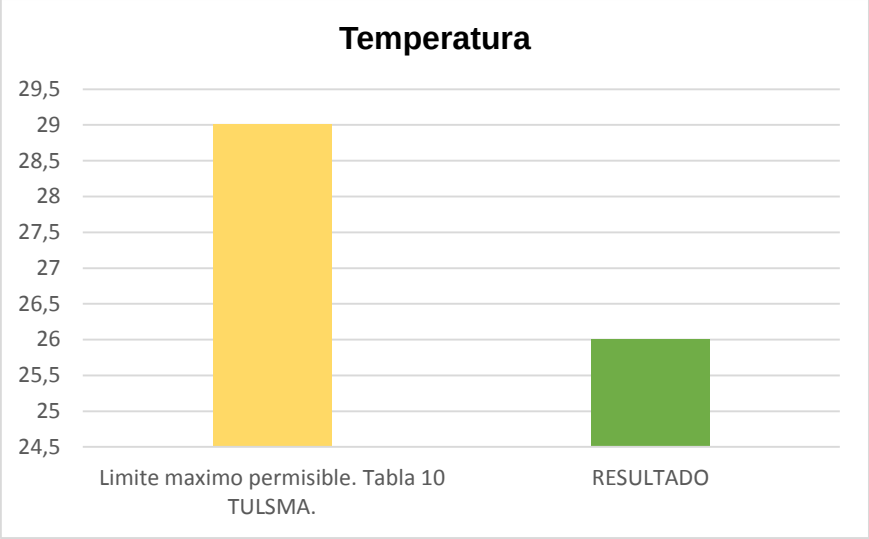


Figura 4. *Temperatura del agua residual.*

En la figura 4 expone el resultado de la medicion de la temperatura del agua residual que proviene de la granja porcina se encuentra en los 26°C, la cual esta por debajo de los limites permisibles establecidos en la tabla 10 del Acuerdo Ministerial 028 donde establece que la temperatura ambiente tiene que tener más menos 3.

Cuadro 3. *Resultados de los análisis de laboratorio para la caracterización de las aguas residuales porquerizas de la Granja "El Guayabal".*

Rotulación Muestra	**Expresado como**	**Descarga del agua residual antes del tratamiento en las piscinas experimentales**	**Límite máximo permisible. Tabla 10 TULSMA**	**Método adaptado de referencia**	**Norma**
Características físicas					
Aceites y grasas	Peliculavisible	Presencia	30.0 mg/l	ETAS	M S P-TULAS
Sólidos Totales	mg/l	1664	1600	AOAC 920.193	TULAS
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1170	1000	AOAC 920.193	TULAS
Sólidos Suspendidos	mg/l	492	130	AOAC 920.193	TULAS

Sólidos Sedimentables	ml/l	8,0	20	AOAC 920.193	TULAS

Características Químicas					
Fósforo Total	mg/l	11,3	10.0	Ácido Ascórbico	TULAS
Nitrógeno Total	mg/l	19,6	50.0	NESSLER	TULAS
Sulfatos	mg/l	385	1000	TUBIDIMIETRO	TULAS
DBO5	mg/l	158	100	AOAC 973-44	TULAS
DQO	mg/l	114	200	AOAC973-46	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3000	10000	INEN 1 529-8	TULAS

Fuente. Laboratorio CIESSA

El cuadro 3 se muestra los resultados de los aceites y grasas, sólidos totales, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos, fósforo total y demanda bioquímica de oxigeno (DBO_5), se encuentran fuera del límite máximo permisible de descarga de un cuerpo de agua dulce establecido en el Acuerdo Ministerial 028 tabla 10. Mientras que sólidos sedimentables, Nitrógeno Total, sulfatos, demanda química de oxigeno (DQO) y coliformes fecales se encuentran dentro del límite máximo permisible que estipula el Acuerdo Ministerial 028, Anexo 1 del libro VI, Tabla 10 de límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

6.2 Resultados del Segundo Objetivo Específico.

Evaluar el potencial fitorremediador de dos especies vegetales (*Pistia stratiotes L.)* y (*Hydrocotyle ranunculoides Lf.)* para la remediación de aguas contaminadas por

la porcicultura en la Granja “El Guayabal”, de la parroquia Cumbaratza, cantón Zamora.

6.2.1 Seguimiento y control de las especies.

En el presente cuadro se presenta la información de cada planta *de **Pistia stratiotes L*** (lechuga de agua) y ***Hydrocotyle ranunculoides Lf*** (redondita de agua) en lo correspondiente a la altura, número de hojas, mortalidad, y porcentaje de cubrimiento; la misma que se realizó cada dos meses.

Cuadro 4. *Promedio de los parámetros evaluados de Pistia stratiotes L (lechuga de agua).*

PROMEDIO	60 días				120 días			
	Altura de la planta (cm)	Número de hojas	Mortalidad (%)	% de cubrimiento a los 15 días	Altura de la planta (cm)	Número de hojas	Mortalidad (%)	% de cubrimiento
R1	6	10	1	100	12	13	1	100
R2	7	10	1	100	12	13	1	100
R3	7	11	1	100	12	13	1	100

El cuadro 4 se presenta los resultados en lo referente a la altura de la planta de 60 a 120 días para la repetición 1 hay una diferencia de 6 cm de tamaño, a diferencia de las repeticiones 2 y 3 que tienen 5cm de tamaño, en cuanto el número de hojas y % de cubrimiento no existe mayor diferencia durante el periodo de evaluación.

En el siguiente gráfico se presenta información sobre el seguimiento realizada a la especie *Pistia stratiotes L* provenientes de las aguas residuales porquerizas.

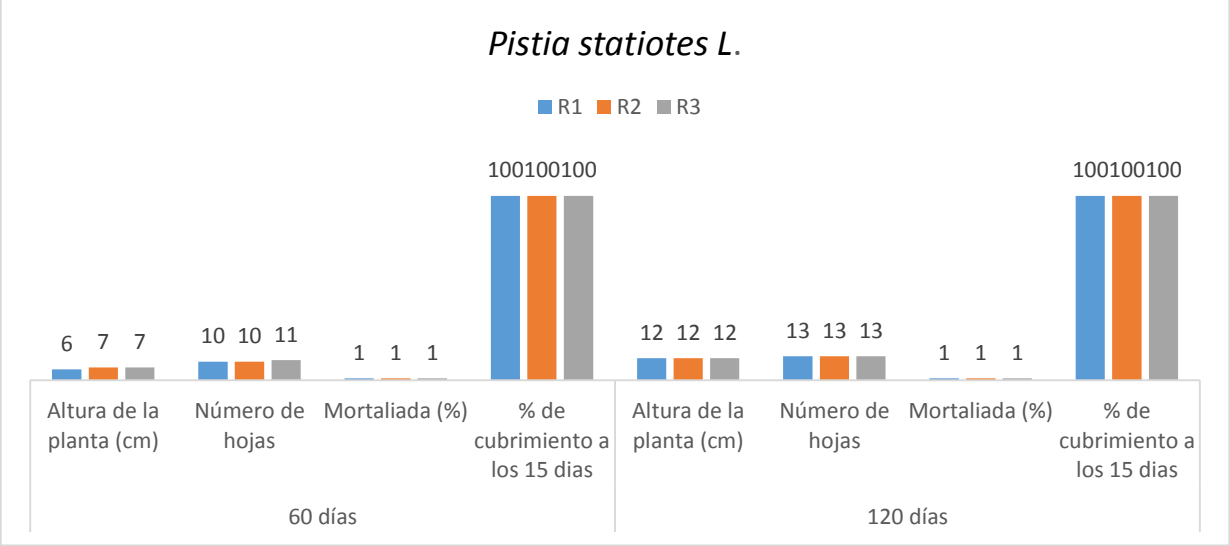


Figura 5. Seguimiento de la especie *Pistia stratiotes L* provenientes de las aguas residuales.

Cuadro 5. *Promedio de los parámetros evaluados Hydrocotyle ranunculoides Lf (redondita de agua*)

PROMEDIO	60 dias				120 dias			
	Altura de la planta	Número de hojas	Mortalidad	% de cubrimiento	Altura de la planta	Número de hojas	Mortalidad	% de cubrimiento
T1	5	4	0	100%	11	5	0	100%
T2	5	4	0	100%	11	5	0	100%
T3	6	4	0	100%	11	5	0	100%

El cuadro 5 se presenta los resultados en lo referente a la altura de la planta de 60 a 120 días para la repetición 1 y 2 hay una diferencia de 6 cm de tamaño, a diferencia de las repeticiones 3 que tienen 5cm de tamaño, en el número de hojas presenta una diferencia mínima de 1 hoja tanto, no existió mortalidad de las plantas; en cuanto al porcentaje de cubrimiento hubo un 100% al cabo de los 2 meses.

En el siguiente gráfico se presenta información sobre el seguimiento realizada a la especie *Hydrocotyle ranunculoides Lf* provenientes de las aguas residuales porquerizas.

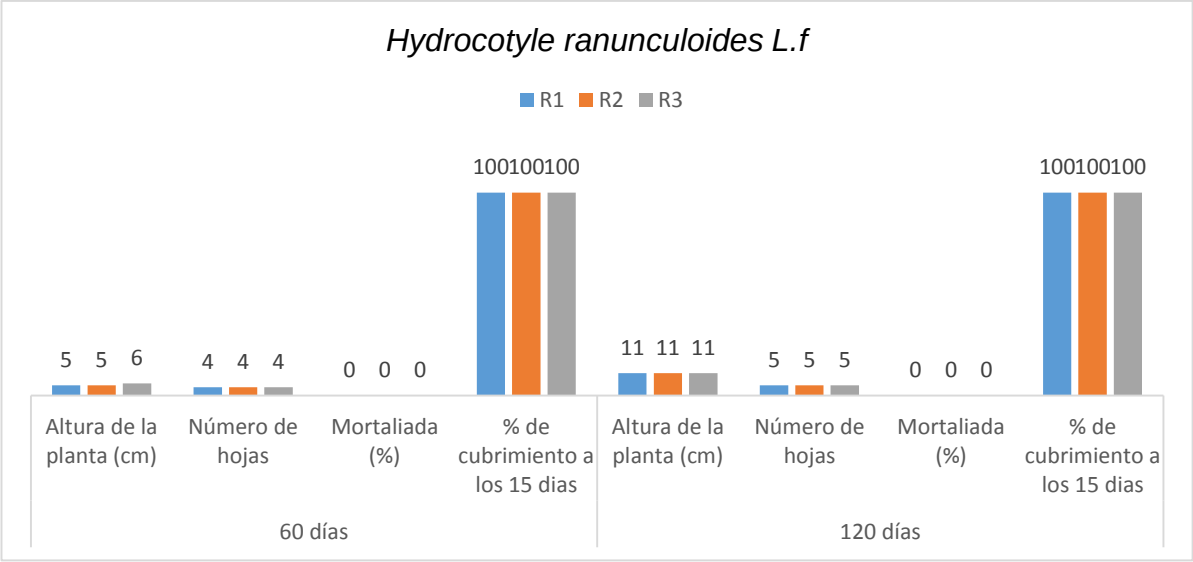


Figura 6. *Seguimiento de la especie Hydrocotyle ranunculoides Lf provenientes de las aguas residuales.*

6.2.2 Resultados de los análisis de laboratorio realizado a las aguas residuales de las celdas de tratamiento uno (T1) y tratamiento dos (T2).

Los resultados de los análisis de las aguas del testigo, tratamiento uno y tratamiento dos obtenidos del Laboratorio Gruntec de Quito, se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. *Cuadro comparativo de resultados entre el testigo, tratamiento 1 , 2 y los límites permisibles.*

PARÁMETROS	RESULTADOS DE LABORATORIO			
	T.1. Redondita de agua *(Hydrocotyle ranunculoides Lf.)*	**T.2. Lechuga de agua *(Pistia stratiotes L)***	**Testigo**	**Limite maximo permisible. Tabla 10 TULSMA.**
Físico Químico:				
Sólidos Suspendidos totales	13	26	492	130
Parámetros Órganicos:				
Demanda Bioquímica de Oxígeno	3	3	158	100
Demanda Química de Oxígeno	32	43	114	200
Nitrógeno Total Kjeldahl	0,5	0,5	19,6	50
Parámetros Microbiológicos:				
Coliformes fecales	57	33	3000	10000
Metales Totales:				
Fósforo	1,2	2,4	11,3	10

Se analizó los datos del análisis en laboratorio de las aguas aguas residuales del tratamiento uno, tratamiento dosfrente al testigo.

Parámetro de Sólidos Suspendidos Totales

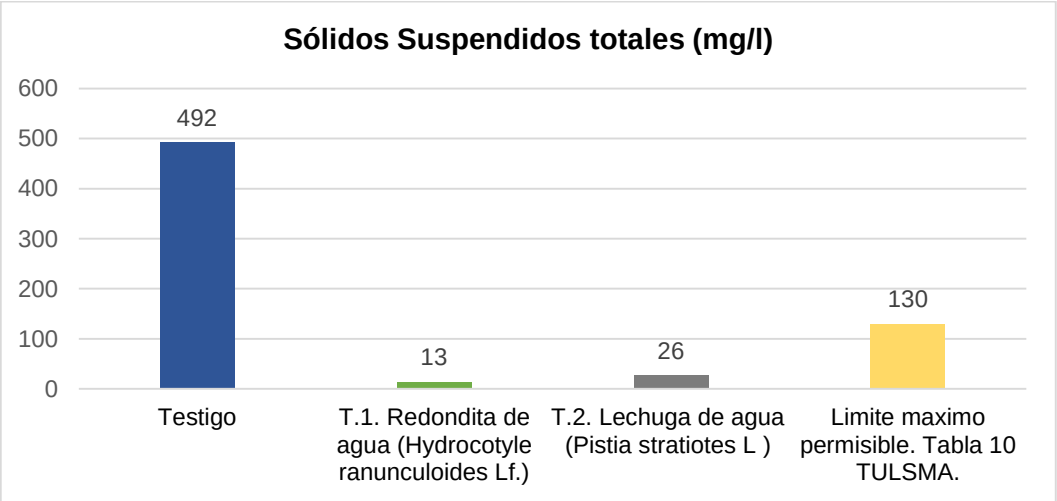


Figura 7. *Resultados parámetro Sólidos Suspendidos Totales analizados en los tratamientos.*

Interpretación. En la Figura 6 se muestra los resultados del parámetro Sólidos Suspendidos totales: El mejor tratamiento sin duda es el Tratamiento 1 *(Hydrocotyle ranunculoides Lf.*) con un nivel de concentración de SST de 13 mg/L, en tanto que el tratamiento 2 *(Pistia stratiotes L*) alcanzo un nivel de concentración de SST de 526 mg/L, sin embargo estos valores están dentro del límite máximo permisible establecido por el Acuerdo Ministerial 028.

Parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

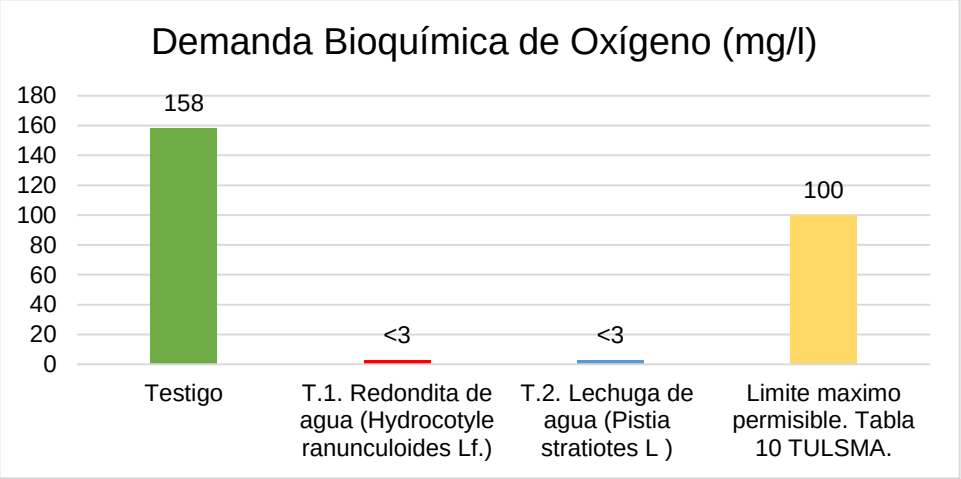


Figura 8. *Resultados parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno analizados en los tratamientos.*

Interpretación. En la Figura 7, los resultados analizados del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno se evidencia claramente que no existe diferencia en cuanto a remoción de éste parámetro en ninguno de los dos tratamientos, sin embargo estos resultados se encuentran bajo los límites Permisibles.

Parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

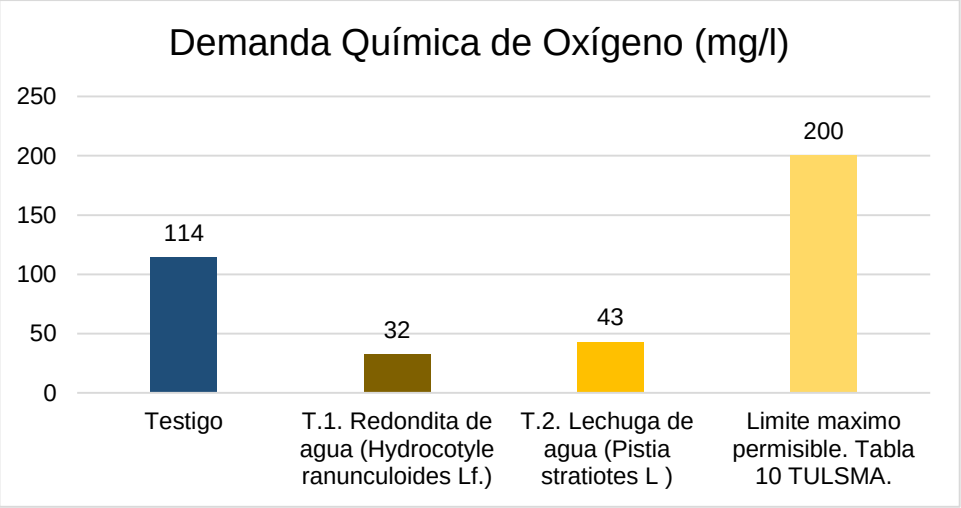


Figura 9. *Resultados parámetro Demanda Química de Oxígeno analizados en los tratamientos.*

Interpretación. En la figura 8 muestra los resultados analizados del parámetro Demanda Química de Oxígeno se evidencia claramente que el resultado más eficaz se obtuvo en el tratamiento 1 (*Hydrocotyle ranunculoides Lf.)* con un nivel de concentración de DQO de 32 mg/l alcanzando un 82% de Remoción, seguido del tratamiento 2 *(Pistia stratiotes L)* con un nivel de concentración de DQO de 43 mg/L con un porcentaje de 71%.

Parámetro Nitrógeno Total Kjeldahl (N)

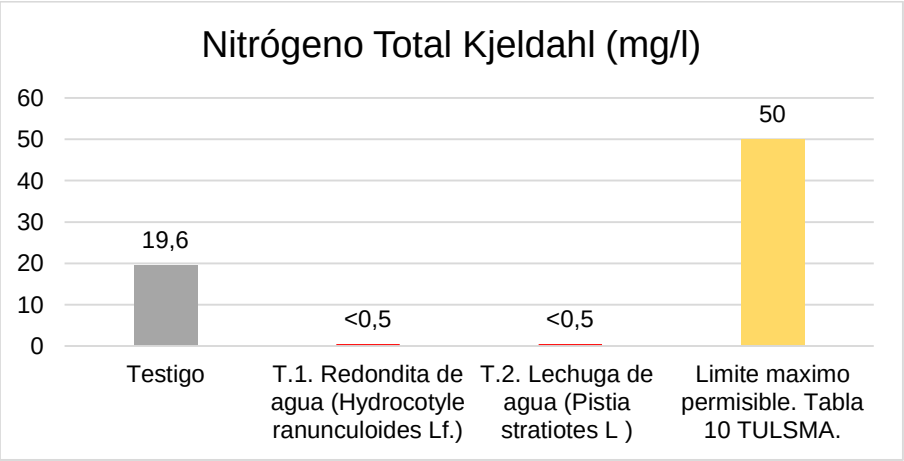


Figura 10. *Resultados parámetro Nitrógeno Total Kjeldahl analizados en los tratamientos.*

Interpretación. En la figura 9 muestra los resultados analizados del parámetro Nitrógeno Total Kjeldahl además podemos apreciar que los resultados entre los tratamientos 1 (*Hydrocotyle ranunculoides Lf.)* y 2 (*Pistia stratiotes L)* son similares con niveles de concentración de N menores a 0.5mg/L, y se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 028.

Parámetro de Coliformes Fecales (NMP)

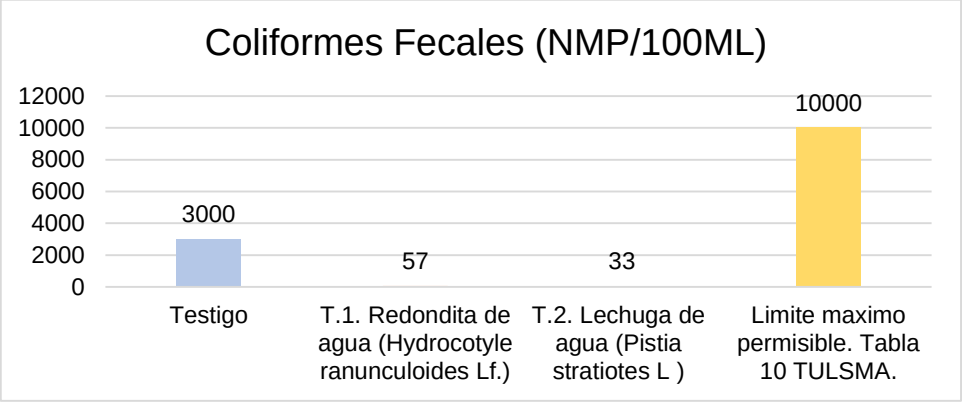


Figura 11. *Resultados parámetro Coliformes Fecales analizados en los tratamientos.*

Interpretación. En la figura 10, muestra los resultados del parámetro Coliformes Fecales, se evidencia claramente, que el resultado más eficaz se obtuvo en el tratamiento 2 (*Pistia stratiotes L)* con un nivel de concentración de NMP de 33 NMP/100ML; seguido del tratamiento 1 (*Hydrocotyle ranunculoides Lf.)*, con un nivel de concentración de NMP de 57 100ML, en comparación con las aguas sin tratar con 300NMP/100ML; estos valores están dentro del límite máximo permisible establecido por el Acuerdo Ministerial 028.

Parámetro fosforo (P)

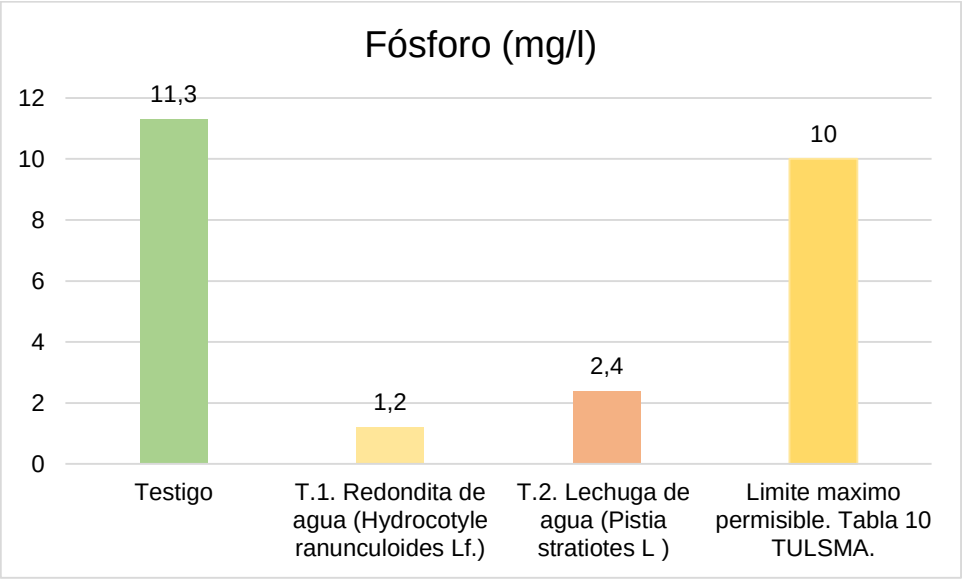


Figura 12. *Resultados parámetro Fósforo analizados en los tratamientos*

Interpretación. En la **figura 11**, muestra los resultados del parámetro Fósforo se evidencia claramente, que el resultado más eficaz además podemos apreciar que el resultado más eficaz se obtuvo en el tratamiento 1 (*Hydrocotyle ranunculoides Lf.)* con un nivel de concentración de P se redujo a 1,2 mg/l; seguido del tratamiento 2 (*Pistia stratiotes L)*, con un nivel de concentración de P de 2,4 mg/l, en comparación al testigo de 11 mg/l, este parámetro está dentro del límite máximo permisible establecido por el Acuerdo Ministerial 028

6.3 Desarrollo del método estadístico no paramétrico "Chi- cuadrado (X2)" para los parámetros establecidos:

El propósito del desarrollo de este método estadístico es calcular el valor del Chi-cuadrado y el valor crítico *(v.c)* para realizar el contraste de las hipótesis planteadas en esta investigación.

Desarrollo del método estadístico para calcular el valor del Chi-cuadrado.

1. Hipótesis

El nivel de descontaminación de la agua por actividad piscícola dependerá dl potencial fitorremediador de las especies estudiadas en la presente investigación

2. Planteamiento de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa

Hipótesis Nula (Ho)

La efectividad del tratamiento de las aguas por el proceso de fitorremediación, no difiere entre el uso de la especie vegetal Redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides L.f)* y Lechuga de agua *(Pistia stratiotes L.)*

Hipótesis Alternativa (H1)

La efectividad del tratamiento de las aguas por el proceso de fitorremediación, si difiere entre el uso de la especie vegetal Redondita de *agua (Hydrocotyle ranunculoides L.f)* y Lechuga de agua *(Pistia stratiotes L.)*

3. Calcular el valor del Chi-cuadrado

Se obtuvo las tablas de contingencia de las frecuencias observadas. La siguiente tabla indican los resultados del análisis de la piscina con Redondita de agua *(Hydrocotyle ranunculoides L.f)* y Lechuga de agua *(Pistia stratiotes L.)*

Cuadro 7. *Tabla de contingencia con las frecuencias observadas en los tratamientos uno y dos.*

PARÁMETROS	T.1. Redondita de agua *(Hydrocotyle ranunculoides Lf.)*	T.2. Lechuga de agua *(Pistia stratiotes L)*
Sólidos Suspendidos totales	13	26
Demanda Bioquímica de Oxígeno	3	3
Demanda Química de Oxígeno	32	43
Nitrógeno Total Kjeldahl	0,5	0,5
Coliformes fecales	57	33
Fósforo	1,2	2,4

Con los datos del cuadro, correspondiente a las frecuencias observadas en los resultados analizados de las aguas tratadas en las piscinas experimentales (Tratamiento 1 y Tratamiento 2), se procedió a realizar la suma de los resultados tanto de las filas como de las columnas para obtener el cuadro de las frecuencias esperadas.

Cuadro 8. *Resultados de la suma de las frecuencias observadas.*

PARÁMETROS	**T.1. Redondita de agua *(Hydrocotyle ranunculoides Lf.)***	**T.2. Lechuga de agua *(Pistia stratiotes L)***	**TOTAL**
Sólidos Suspendidos totales	13	26	**39**
Demanda Bioquímica de Oxígeno	3	3	**6**
Demanda Química de Oxígeno	32	43	**75**
Nitrógeno Total Kjeldahl	0,5	0,5	**1**
Coliformes fecales	57	33	**90**
Fósforo	1,2	2,4	**3,6**
TOTAL	**106,7**	**107,9**	**214,6**

Con los datos del cuadro Se utilizó la siguiente fórmula para determinar los valores de las frecuencias esperadas.

$$Fe = (\Sigma c. * \Sigma f.) / \Sigma \text{ total}$$

Donde:

Fe = Frecuencia esperada.

Σc. = Sumatoria total de cada columna.

Σf. = Sumatoria de cada fila.

Σ total = Sumatoria total de los valores de la tabla.

Realizada la aplicación de esta fórmula en cada uno de los valores del cuadro, se obtuvo las frecuencias esperadas de los resultados del análisis de las aguas residuales de los tratamientos uno y dos.

Cuadro 9. *Tabla de contingencia con las frecuencias esperadas*

PARÁMETROS	T.1. Redondita de agua *(Hydrocotyle ranunculoides Lf.)*	T.2. Lechuga de agua *(Pistia stratiotes L)*
Sólidos Suspendidos totales	19,39095993	19,60904007
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2,983224604	3,016775396
Demanda Química de Oxígeno	37,29030755	37,70969245
Nitrógeno Total Kjeldahl	0	0,502795899
Coliformes fecales	44,74836906	45,25163094
Fósforo	1,789934762	1,810065238

Obtenido los datos correspondientes para las frecuencias observadas y esperadas, se procedió a realizar el cálculo del Chi-cuadrado (*X2*) utilizando la siguiente formula: $\boldsymbol{X2}=\Sigma(fo-fe)2fe$

Donde:

X2 **=** Chi cuadrado

fo **=** Frecuencia del valor observado

fe **=** Frecuencia del valor esperado

$\mathbf{X^2=}$ $(13 – 19{,}39095993)^2 /19{,}39095993) + ((26 –19{,}60904007)^2/ 19{,}60904007) + ((3 – 2{,}983224604)^2/ 2{,}983224604) + ((3 – 3{,}016775396)^2/3{,}016775396) + ((32 – 37{,}29030755)^2/37{,}29030755) + ((43 – 37{,}70969245)^2/37{,}70969245) + ((0{,}5 – 0)^2/ 0) + ((0{,}5 – 0{,}502795899)^2/ 0{,}502795899) + ((57–44{,}74836906)^2/44{,}74836906) + ((33–45{,}25163094)^2/45{,}25163094) + ((1{,}2–1{,}789934762)^2 /1{,}789934762) + ((2{,}4 – 1{,}810065238)^2/ 1{,}810065238)$

$X^2 = 2.1063 + 2.0829 + 9.4332 \times 10^{-5} + 9.3283 \times 10^{-5} + 0.7505 + 0.7421 + 0 + 1.5545 \times 10^{-5} + 3.3543 + 3.3170 + 0.1944 + 0.1922.$

$X^2 = 12.849$

4. Determinamos el valor de "p" y el grado de libertad.

Se determinó el valor de "p".

P = 1- Nivel de significancia (0,05).

P = 1- 0,05

P = 0,95 79

Se determinó el grado de libertad *(V)*

***V* =** (Cantidad de filas – 1) * (cantidad de columnas -1)

***V* =** (6– 1) * (2 – 1)

***V* =** (5) * (1)

***V* =** 5

5. Obtener el valor crítico

De acuerdo a la tabla para valores de Chi-cuadrado *(X2).* Ver anexo 14, el valor crítico *(vc)* es:

***vc* =** 11.070<

6. Realizar una comparación entre el Chi-cuadrado calculado (X2 calc.) y el valor crítico *(vc)*.

X^2 calc	≤	Vc
12.849		11.070

7. Interpretar la comparación

Si el valor del Chi-cuadrado calculado es menor o igual que el Chi-cuadrado crítico entonces se acepta la hipótesis nula, caso contrario no se la acepta.

El Chi-cuadrado calculado: **12.849** es mayor que el Chi-cuadrado crítico: **11.070** entonces se rechaza la **hipótesis nula (Ho)**: La efectividad del tratamiento de las aguas porquerizas por el proceso de fitorremediación, no difiere entre el uso de la especie vegetal Redondita de agua *(Hydrocotyle ranunculoides)* y lechuga de agua *(Pistia stratiotes).* Y se acepta la **hipótesis alternativa (H1):** La efectividad del tratamiento de las aguas porquerizas por el proceso de fitorremediación, si difiere

entre el uso de la especie vegetal Redondita de agua *(Hydrocotyle ranunculoides)* y lechuga de agua *(Pistia stratiotes).*

6.4 Diseño de un sistema de tratamiento.

De acuerdo a los resultados análisis de las muestras de aguas residuales provenientes de la cría de cerdos se procedió a diseñar una planta de tratamiento, donde depure cada uno de los parámetros analizados para esta actividad de tal manera no alterar en los más posibles sus características físicas y químicas.

Para realizar el diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales procedentes de la porqueriza se procederá a calcular los siguientes datos:

6.4.1 Determinación de la Población Futura.

Es necesario conocer la población existente en la Granja para poder diseñar los sistemas de tratamiento de aguas residuales procedentes de las descargas porquerizas, debido a que se debe proyectar los diseños de construcción de Fitorremediación con una visión a futuro.

Se determinó que la población futura se va mantener siempre la candidad 100 cerdos, durante el diseño y la proyección del sistema de tratamiento de aguas residuales que proyectó para 20 años.

6.4.2 Caudales de diseño

De acuerdo a las normas vigentes (INEN, TULSMA, RAS) el caudal de aguas residuales domésticas varía entre el 70% y 80% de la dotación de agua.

A. Caudal medio

$$Q\ medio = \frac{P * D * R}{86400}$$

Dónde:

P= Población actual (43 cerdos)

D= Dotación de agua potable (20L/cerdo/día)

R= Coeficiente de retorno (80%= 0,8) Norma INEN

$$Q\ medio = \frac{43cerdos * \frac{120l}{\frac{cerdo}{dia}} * 0,8}{86400}$$

$$Q\ medio = 0.048\ l/s$$

B. Caudal máximo

$$Qmax_h = Qmed_h * M$$

$Qmax_h$= Caudal máximo horario (instantáneo) (l/s)

$Qmed_h$= Caudal medio (0,048l/s)

M=Coeficiente de Harmon (1,58)

$$Qmax_h = 0,048l/s * 1,58$$

$$Qmax_h = 0,075l/s$$

C. Caudal promedio de agua residual en m3/día. (Q promedio)

Los resultados de la medición de caudal de aguas residuales en la granja arrojaron un promedio de agua residual de 0,46 lt/s.

Cálculo de la dotación de agua, a partir de la medición de agua residual:

$Qprom$=m3/dia

1dia=86400s

1m3=1000lt

$$\boldsymbol{Qpromedio = (Qpromedio\ agua\ residual * \frac{1m^3}{1000l} * \frac{86400\ s}{1\ dia})}$$

$$\boldsymbol{Qpromedio = (0,46\frac{l}{s} * \frac{1m^3}{1000l} * \frac{86400\ s}{1\ dia})}$$

$$\boldsymbol{Qpromedio = 11,92\frac{m^3}{dia}}.$$

El caudal promedio de las aguas residuales porquerizas de la granja “El Guayabal” con una población futura de 100 cerdos en veinte años será de 39,744 m3/día.

6.4.3 Dotación de agua residual litros/cerdos/día.

Posteriormente se desea conocer la dotación de agua residual que genera la población muestra diariamente, para ello aplicada la siguiente fórmula (ecuación 2,3)

Población actual= 43 cerdos

$$\boldsymbol{Dotación\ (\frac{l}{cerdo} * dia) = \frac{Qprom * 1000l/m^3}{Pa}}$$

$$\boldsymbol{Dotación}\ (\frac{\boldsymbol{l}}{\boldsymbol{cerdo}} * \boldsymbol{dia}) = \frac{\mathbf{11,92}/\boldsymbol{dia} * \mathbf{1000}\boldsymbol{l}/\boldsymbol{m}^{\mathbf{3}}}{\mathbf{43}\ \boldsymbol{cerdos}}$$

$$\boldsymbol{Dotación}\ \left(\frac{\boldsymbol{l}}{\boldsymbol{cerdo}} * \boldsymbol{dia}\right) = \mathbf{277,2}\frac{\boldsymbol{l}}{\boldsymbol{cerdo}} * \boldsymbol{dia}$$

Se tiene un resultado de dotación de agua residual de 924,2 litros/cerdo/día que generan 43 cerdos.

6.4.4 Caudal de diseño.

El caudal de diseño se calculó para determinar las dimensiones de la infraestructura física de la planta de tratamiento de aguas residuales, se lo realizo mediante la siguiente fórmula.

Q dis= Q promedio*M

Dónde.

Q dis= Caudal de diseño (m3/día)

Q prom= Caudal promedio (39,744 m3/día)

M= Factor de Harmon

Para determinar el factor de Harmon se utilizado para la estimación del caudal máximo que genera la población se la realiza mediante la aplicación de la siguiente ecuación.

$$M = 1 + \frac{14}{14 + \sqrt{Pf}}$$

Dónde:

Pf= 100 cerdos (proyectada a veinte años)

$$M = 1 + \frac{14}{14 + \sqrt{100}}$$

$$M = 1{,}58$$

Una vez calculado el factor de Harmon se calcula el caudal de diseño.

Q dis= Q promedio*M

$$Q\ dis = 11{,}92\ \frac{m^3}{dia} * 1{,}58$$

$$Q\ dis = \ 18{,}83\ \frac{m^3}{dia}$$

$$Q\ dis = 18{,}83 \frac{m^3}{dia} * \frac{1\ dia}{86400\ s}$$

$$Q\ dis = 0{,}00022 \frac{m^3}{s}$$

El caudal de diseño para la planta de tratamiento de aguas residuales porquerizas se determina en 0,00022 m3/s, el cuan está proyectado a 20 años y será la base para el dimensionamiento de las unidades físicas del sistema de tratamiento.

Cuadro 10. *Condiciones de diseño*

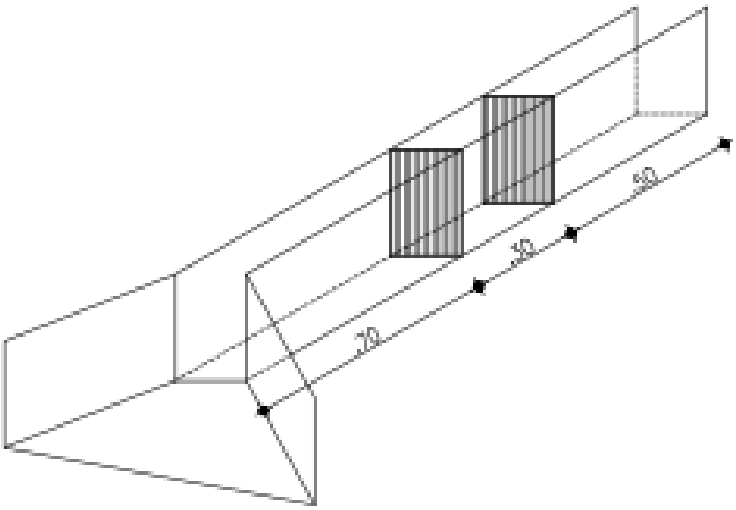
Condiciones de Diseño	Resultados
Población Futura (2036)	100 cerdos
Dotación de agua residual	277,2l/cerdos/dia
Caudal medio diario	0.048 l/s

Caudal máximo diario	0,075l/s
Caudal promedio de agua residual	11,92m^3/día
Caudal de diseño	0,00022m^3/día
Factor de Harmon	1,58

Autor: Carmen Masache

A continuación se describe el proceso de la planta de tratamiento.

6.4.5 PRE TRATAMIENTO



Elaborado por: Carmen Masache

Las aguas provenientes del lavado de las porquerizas pasaran primeramente por un pre tratamiento, las mismas que pasaran por un canal de 1.50m de largo x 0.20m de ancho x 0.30m de profundidad el mismo que consistirá de dos cribas metálicas una de 5mm y otra de 2mm de separación entre cada varilla el cual consiste en separar sólidos de gran tamaño y mediano con la finalidad de no dar problemas en las etapas posteriores del sistema de tratamiento.

A. Cálculo de número de barrotes de la rejilla de gruesos.

El cálculo del número de barrotes de las rejillas de sólidos gruesos sirve para determinar las unidades que van en la reja, se determina mediante la siguiente ecuación (2.8).

$$n = \frac{b_g}{e} \text{ -1}$$

Dónde:

n= Numero de barrotes (und)

bg= suma de separación entre barrotes (616,85mm).

e= Separación entre barrotes (40mm).

$$n = \frac{616{,}85\ mm}{40mm} \text{ -1}$$

$$n = 14$$

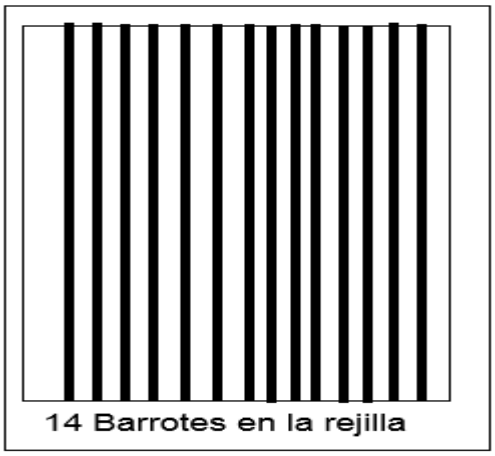


Figura 12. Total de barrotes en la rejilla

B. Cálculo de las dimensiones del canal.

6.4.5.1.1 Área transversal del canal

$$\boldsymbol{A = \frac{Q}{v}}$$

Dónde:

A= Área transversal del canal entre rejas (m^2).

Q= Caudal de diseño (0,00022m^3/s).

V= Velocidad de entrada al flujo (2,50 m/s).

El área entre cada reja para el paso del flujo de caudal se cálcula mediante la aplicación de la ecuación de Manning.

$$\boldsymbol{A = \frac{0,00022m^3\ /s}{2,50m/s}}$$

$$\boldsymbol{A = \ 0,000088m^2}$$

El área que debe quedar entre cada reja para el paso de agua debe de ser de 0,000088 m^2.

C. Altura efectiva del flujo de agua

Determinación de la altura efectiva del flujo de agua será utilizada para determinar el alto que va a ocupar el flujo de agua dentro del canal mediante la siguiente ecuación.

$$\boldsymbol{A = b * H}$$

$$\boldsymbol{H = \frac{A}{b}}$$

Dónde:

H= altura efectiva del flujo de agua (m)

A= área trasversal entre las rejas (0,000088 m^2)

b= Ancho del canal propuesto (0,20m)

$$\boldsymbol{H = \frac{0,000292m^2}{0,20m}}$$

$$\boldsymbol{H = 0,00044m}$$

La altura efectiva del flujo de agua al pasar por las rejas de sólidos gruesos es de 0,00044 m.

D. Cálculo de la velocidad a través de la rejilla de sólidos gruesos.

El cálculo de la velocidad que pasa el agua a través de las rejillas sirve para determinar los espesores que debe tener cada barrote, si la velocidad es demasiado fuertes se debe considerar barrotes gruesos, esto se calcula mediante la aplicación de la ecuación (2.7).

$$v = \frac{Q}{A}$$

Dónde:

V= Velocidad de rejilla (m/s).

Q= Caudal de Diseño (0,000´ m^3/s).

A= área libre al paso de agua (0,005 m^2).

$$v = \frac{0{,}00022m^3/s}{0{,}005m^2}$$

$$v = 0{,}044m/s$$

6.4.5.1 *Desarenado y desengrasado.*

Elaborado por: Carmen Masache

Posterior al pre tratamiento las aguas residuales pasaran a través de un desarenado y un desengrasado de 0.50m de largo x 0.40m de ancho x 0.50m de profundidad, el cual tiene como objetivo eliminar todas las arenas que provengan de la actividad porcina, además en esta zanga se contara con un sifón para el desagüe de agua libre de grasas, se podrá realizar la retirada manual de las grasas y aceites a través de una malla de tela propicia para tal fin.

6.4.6 TRATAMIENTO PRIMARIO.

Diseño del tanque desarenador rectangular.

$V = Q_p * Tr$ ($Ecuación$ 2.10)

Dónde

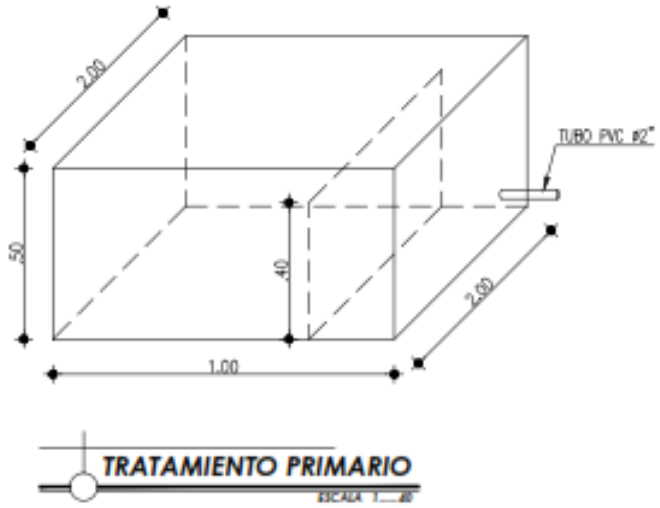
V= Volumen del arena retenida en el desarenador (m^3).

Q= Caudal a tratar (0,00037 m^3/s).

Tr= Tiempo de retención hidráulica (180 s).

$$V = 0{,}00037 \frac{m^3}{s} * 180s$$

$$V = 0{,}067m^3$$



Elaborado por: Carmen Masache

Después del pre tratamiento de las aguas residuales estas pasan a una piscina de decantación con medidas de 2m de largo x 1m de ancho x 1m de profundidad, que tiene como fin la eliminación de los sólidos sedimentables con la ayuda de un químico ``Sulfato de Aluminio`` Al2 (SO4)3, que aumentara la decantación de los sólidos presentes en el agua residual, mediante la coagulación y floculación.

6.4.7 TRATAMIENTO SECUNDARIO.

A. Medidas del Tanque sedimentador

Para la obtención de las medidas del tanque sedimentador se aplica la siguiente fórmula:

$$Qp = \left(\frac{P * D}{1000}\right) 0{,}8$$

Dónde

P= Poblacion: 43 cerdos

D= Dotacion de agua residual: 277,2 l/cerdo/dia

R= coeficiente de retorno. 0,8(constante)

$$Qp = \left(\frac{43\ cerdos * 277{,}2 \frac{l}{cerdo}/dia}{1000}\right) 0{,}8$$

$$Qp = 9{,}5m^3$$

El primer tanque sedimentador tendrá la capacidad de acumular un caudal de 9,5m^3 de agua residual.

Cálculo de piscinas para Fitorremediación propuestas.

El cálculo de la piscina de Fitorremediación se debe calcular para determinar las propiedades físicas de la misma; se lo realiza mediante la siguiente ecuación.

$$V = H * B * A$$

Dónde.

H= Altura propuesta (1 m).

B= Largo propuesto (5 m).

A= Ancho propuesto (10m).

V= Vólumen total de la piscina (m3)

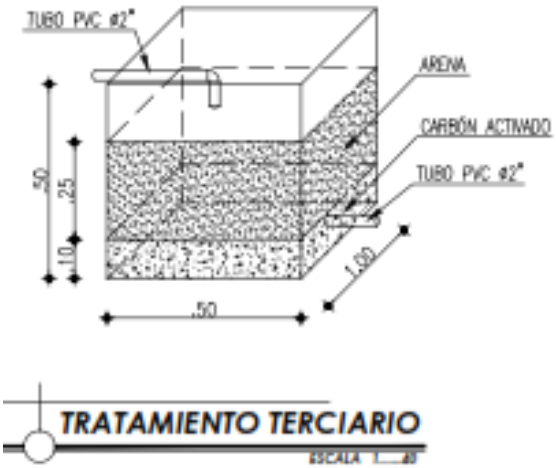
$$\mathbf{V=}1m*5m*10m$$

$$V=50m^3$$

El vólumen total de la piscina de Fitorremediación propuesta es de 50 m^3.

Posterior a ello las aguas pasan a una piscina de 5m de largo x 10m de ancho x 1m de profundidad, que servirá para la depuración biológica el cual consta de 80 estalones de la redondita de agua ``*Hydrocotyle ranuncuoides L.f*`` la cual tiene un excelente potencial fitorremediador especialmente en aguas residuales de tipo industrial.

6.4.8 TRATAMIENTO TERCIARIO.



Elaborado por: Carmen Masache

Finalmente el agua circula a través de un proceso de filtración de arena de 50cm de espesor de capa y por una capa de carbón activado de 20cm de grueso, este sistema es fundamental donde la mayoría de las partículas son removidas y así obtener una agua libre de solidos suspendidos.

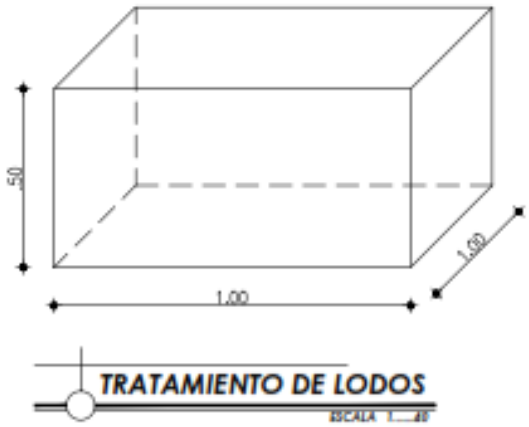
Finalmente el agua circula a través de un proceso de filtración de arena de 0.50m de espesor de capa y por una capa de carbón activado de 20cm de grueso, este sistema es fundamental para la retención de sólidos.

El filtro de arena actuara de 3 formas:

- La mayoría de las partículas serán removidas.
- Los contaminantes se adhieren a la superficie de la arena.
- Los microorganismos se alimentaran del material particulado retenido en la arena.

El carbón activado tendrá como finalidad el refinado de las aguas residuales.

6.4.9 TRATAMIENTO DE LODOS

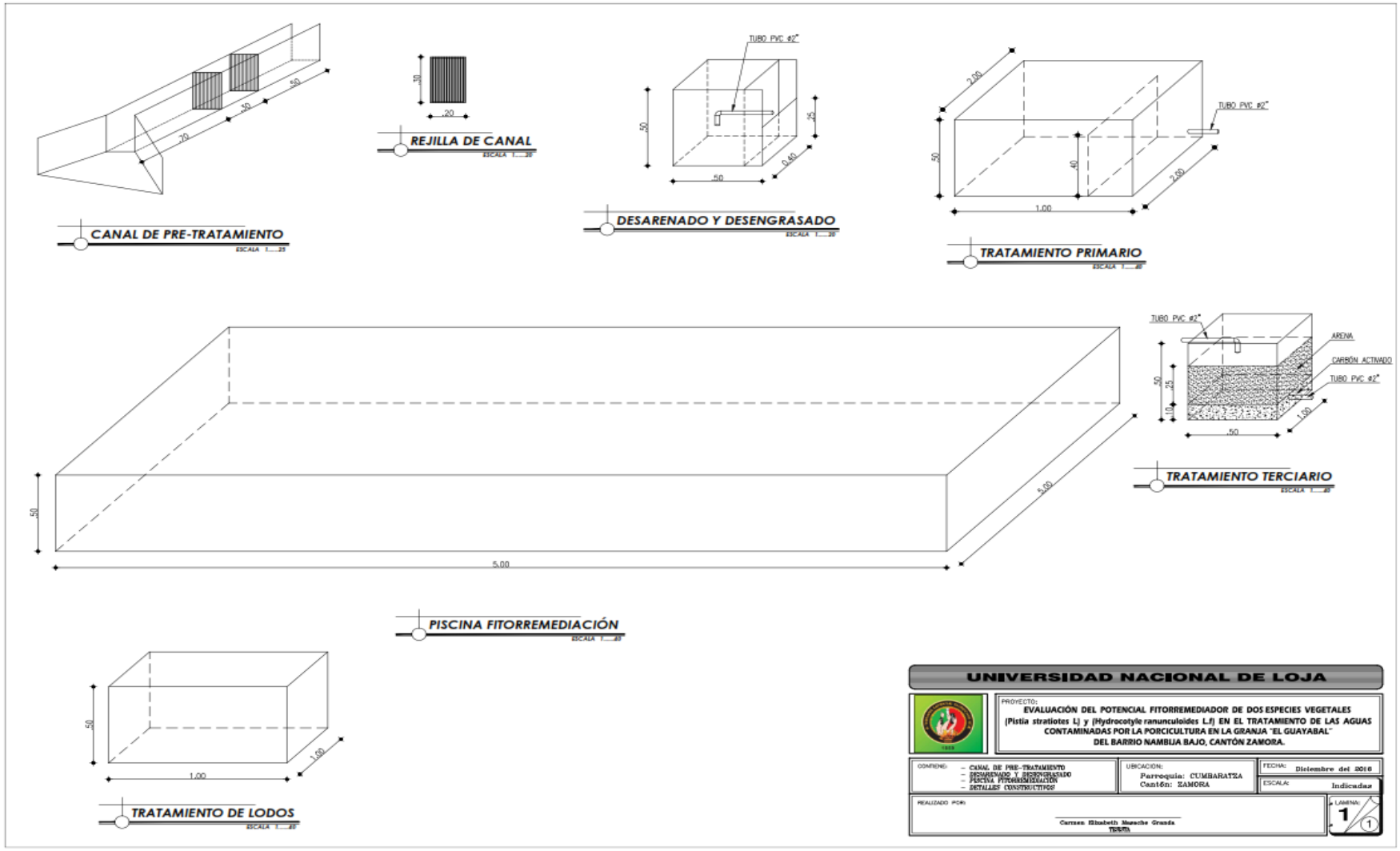


Elaborado por: Carmen Masache.

El tanque para el tratamiento de lodos tendrá las siguientes medidas, 2m de largo x 1m de ancho x 1m de profundidad, este tratamiento se realizara cada 8 días después del aseo de la mañana.

El lodo que se genere en el tanque de desarenado, sedimentación y biológico se lo retirara de forma manual con la ayuda de un lampón para tratarlos en la piscina (tanque) de lodos, una vez puestos en la piscina de tratamiento de lodos se lo dejara al ambiente para su deshidratado a través de los rayos solares, el tiempo de reposo dependerá de las condiciones climáticas, posteriormente se procederá a colocar cal viva (CaO) para la respectiva absorción de humedad en los lodos y para su desinfección de agentes patógenos, este lodo servirá como abono para los cultivos.

6.4.10 Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Granja “El Guayabal”.



6.4.11 Presupuesto del diseño de la planta de tratamiento

Para el diseño d la planta de tratamiento se armo un presupuesto haciendo un análisis de precios unitarios los mismos que son necesarios para conocer cuanto es el gasto que se ocupa para la contruccion del diseño.

Cuadro 11. *Costos del diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales.*

PRESUPUESTO						
N°	***RECURSOS***	***CANTIDAD***	***UNIDAD***	***RECURSO***	***VALOR UNITARIO***	***VALOR TOTAL***
1	Materiales	20		Tablas de 20cm de encofrado	2.9	$ 58.00
		15		Listones de 6*4 cepillados	2	$ 30.00
		20		Tiras de 10cm cepilladas	1.75	$ 35.00
		3		Tubos de desagüe PVC 2"	4	$ 12.00
		8	Libras	Clavos de 2"	0.75	$ 6.00
		8	Libras	Clavos de 2"1/2	0.85	$ 6.80
		1	4m³	Arena fina	60	$ 60.00
		1	4m³	Arena gruesa	40	$ 40.00
		1	4m³	Piedra	45	$ 45.00
		5		codos PVC de 2"	1.5	$ 7.50
		600		Ladrillos	0.25	$ 150.00
		12	sacos	Cemento	8.50	$ 102.00
		1		galón impermeabilizante	7.8	$ 7.80
		Materiales para el funcionamiento de la planta de Tratamiento				
		1		Criba metálica de 20*30cm *0,4mm	8	$ 8.00
		1		Criba metálica de 20*30cm *0,4mm	8	$ 8.00
		2	sacos	cal	6	$ 12.00
		1	saco	carbón activado	1.75	$ 1.75
2	Laboratorio	1		Análisis de agua Iniciales	187	$ 187.00
		6		Análisis de agua Finales	187	$ 1,122.
		1		Diseño de planta de tratamiento	140	$ 140.00
5	Humanos	2		Mano de Obra	125	$ 250.00
COSTO TOTAL						**$2.475.85**

7 DISCUSIÓN

7.1 Para los resultados del primer objetivo específico

Realizar el diagnóstico del estado actual de las aguas provenientes por la actividad de la porcicultura en la Granja “El Guayabal”, del Barrio Nambija bajo, Parroquia Cumbaratza.

La temperatura del agua residual porqueriza presenta un valor de 26°C, este valor es debido al contenido de materia orgánica de las aguas residuales incrementa la actividad microbiológica y esto a su vez provoca que se aumente la temperatura del agua; esto concuerda con Metcalf y Eddy (1998) quien afirma “que el aumento de la temperatura afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de oxígeno disuelto y la velocidad de reproducciones bacterianas”, cabe mencional que en el TULSMA libro VI, Anexo I, Tabla 10, establece el límite maximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce de ± 3°C de la condición natural del ambiente, por lo cual se considera que la temperatura se encuentra dentro del límite permisible.

El agua residual porqueriza de la granja tiene como resultado del parámetro **pH** caracterizado de 8 unidades correspondiente a una solución medianamente básica se debe a la Demanda química de Oxígeno que utiliza fuertes oxidantes químicos para la oxidación de la materia órganica,ádemas este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible (6-9) de acuerdo a la norma TULSMA libro VI, Anexo I, Tabla 10, de las descargas a un cuerpo de agua dulce.

El resultado del parámetro Sólidos Suspendidos Totales en el agua residual presenta un valor de 492 mg/L, esto se debe a la presencia de materia sólida (sólidos disueltos, sólidos en suspensión y solidos sedimentables), esto concuerda con lo

mencionado por Metcalf y Eddy (1998), quien sostiene “que generalmente los sólidos totales en las aguas residuales constituyen los sólidos orgánicos (excretas humanas, desechos de productos alimenticios, carbohidratos) e inorgánicos (arena, tierra, sales minerales”. Este parámetro se encuentra dentro fuera del límite máximo permisible (1600 mg/l) de acuerdo a la norma TULSMA libro VI, Anexo I, Tabla 10, de las descargas a un cuerpo de agua dulce.

El resultado del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) en el agua residual presenta un valor de 158 mg/L, debido a las altas presencias de materia orgánica, no permite que los microorganismos puedan estabilizar la materia orgánica biodegradable, por la insuficiente cantidad de oxigeno que se encuentra en el agua; esto coincide con lo mencionado por Soto et al (2012), quien sostiene “que la cantidad de oxígeno consumida es proporcional a la materia orgánica que existe en un determinado desecho y que hará posible el posterior dimensionamiento de las unidades de tratamiento, así como la determinación de su eficiencia”. Este parámetro se encuentra fuera del límite máximo permisible (100 mg/l) de acuerdo a la norma TULSMA libro VI, Anexo I, Tabla 10, de las descargas a un cuerpo de agua dulce.

El resultado del parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el agua residual presenta un valor menor de 114 mg/L, esto se debe a la presencia de materia orgánica existente en el agua, esto concuerda con Soto et al., (2012), quienes indican que “la materia orgánica necesita una cantidad necesaria de oxígeno para su oxidación mediante la utilización de un fuerte oxidante químico en un medio ácido, se usa decromato de potasio como oxidante”. Este parámetro se encuentra dentro de los límites máximo permisible (200 mg/l) de acuerdo a la norma TULSMA libro VI, Anexo I, Tabla 10, de las descargas a un cuerpo de agua dulce.

El resultado del parámetro Nitrógeno Total presente en el agua residual tiene un valor menor de 19,6 mg/L, este bajo valor de las aguas residuales de origen industrial, existe la aportación de Nitrógeno orgánico (excretas animales, orinas, materia orgánica), y muy pocas concentraciones de compuestos nitrogenados utilizados en la agricultura, esto concuerda con Orozco (2005), quien manifiesta “el Nitrógeno normalmente está presente como amoniaco (NH3) su presencia se debe a los compuestos nitrogenados utilizados en la agricultura y como por ejemplo el uso detergentes; el nitrógeno orgánico es aportado a través de las excretas animales”. Este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible (50 mg/l) de acuerdo a la norma TULSMA libro VI, Anexo I, Tabla 10, de las descargas a un cuerpo de agua dulce.

Los coliformes fecales presentes en el agua residual porqueriza presentan un valor menor de concentración de 3000 NMP/100ml, de acuerdo a la norma TULSMA libro VI, Anexo I, Tabla 10, que establece el límite máximo permisible de las descargas a un cuerpo de agua dulce de (10000 NMP/100ml), se encuentra dentro el límite máximo permisible, esto se debe a que los desechos líquidos generados en la porqueriza consisten en agua de lavado de las celdas a presión, la cual es enviada al Río Nambija mezclada con excretas, orina y parte de los alimentos de los animales. Esta agua residual se caracteriza por su mal olor, y por poseer un muy alto contenido de coliformes fecales

En el agua residual porqueriza el fósforo presenta una concentración de 11,3 mg/l debido a que este se encuentra presente en los desechos de porcinos, esto concuerda con Muñoz (2008), quien manifiesta “en las aguas residuales domesticas la concentración de fósforo es de 1 a 15 mg/l”. Este parámetro se encuentra fuera

del límite máximo permisible (10 mg/l) de acuerdo a la norma TULSMA libro VI, Anexo I, Tabla 10, de las descargas a un cuerpo de agua dulce.

7.2 Para los resultados del segundo objetivo específico

Evaluar el potencial fitorremediador de dos especies vegetales (*Pistia stratiotes L.)* y (*Hydrocotyle ranunculoides Lf.)* para la remediación de aguas contaminadas por la porcicultura en la Granja "El Guayabal", de la parroquia Cumbaratza, cantón Zamora.

Los resultados del parámetro Sólidos Suspendidos totales presentes en el agua residual porqueriza luego de realizar los procesos de Fitorremediación con *Hydrocotyle ranunculoides Lf.* disminuyeron de 492 mg/l a 13 mg/l, y con *Pistia stratiotes L* , de 492 mg/l a 26 mg/l, la disminución de las concentraciones de sólidos suspendidos totales se debe a que parte de estos se quedan retenidos en los fosas construidas para realizar el proceso de Fitorremediación, ya que las fosas actúan como un sistema de desarenado y sedimentación, por otra parte los sólidos orgánicos son utilizados como fuente de nutriente de las plantas utilizadas en el proceso de fitorremediación, esto concuerda con Velázquez, Martínez, & Quiroz, (2010), quienes mencionan que "los procesos de fitodepuración basado en utilización de humedales artificiales en los que se desarrollan las plantas acuáticas que contribuyen activamente a la eliminación de los contaminantes, principalmente materia orgánica, y el en sistema diseñado disminuyen la concentración de sólidos Inorgánicos (sedimentables)".

Los resultados del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), luego de realizar los procesos de Fitorremediación con *Hydrocotyle ranunculoides Lf.* y con *Pistia stratiotes L,* disminuyeron de 158 mg/l a <3 mg/l, la remoción de la DBO_5 se

lleva a cabo por la disminución de materia orgánica presente en el agua a más de esto los microorganismos asociados a las raíces de las plantas contribuyen a degradar la materia orgánica que no ha sido removida en el pre tratamiento, esto concuerda con lo mencionado por Marín & Correa (2010), “La remoción de DBO se lleva a cabo por la absorción de compuestos orgánicos en solución y por oxidación bacteriana, ya que las capas superiores del suelo contienen microorganismos en abundancia. Estos microorganismos son los responsables de remoción de DBO en las aguas residuales aplicada”.

Los resultados analizados del parámetro Demanda Química de Oxígeno se evidencia claramente que (*Hydrocotyle ranunculoides Lf.)* tiene mayor potencial fitorremediador en las aguas residuales porquerizas con un nivel de concentración de DQO de 32 mg/l con lo que podemos afirmar que esta especie ha disminuido en un 82% la concentración de DQO; estos valores están dentro del límite máximo permisible establecido por el Acuerdo Ministerial 028

El resultado del parámetro Fósforo (PO4) luego de realizar los procesos de Fitorremediación con *Hydrocotyle ranunculoides Lf.* disminuyeron de 11,3 mg/l a 1,2 mg/l, y con *Pistia stratiotes L*, de 11,3 mg/l a 2,4 mg/l, la remoción del fósforo se debe a que es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas es utilizado es los procesos metabólicos tales como la fotosíntesis, la trasferencia de energía y la trasformación de los carbohidratos, al encontrarse presente en el agua las plantas lo toman, esto concuerda con Delgadillo, Camacho, & Serie (2010), quienes mencionan que “El fosforo es el nutriente esencial para el crecimiento de las plantas y desarrollo de diversos organismos: por lo que las descargas de fosfatos en los cuerpos de aguas son aprovechados por las plantas y organismos asociadas a ellas”.

8 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados y aspectos relevantes obtenidos en esta investigación se ha considerado importante plantear las siguientes conclusiones:

- El análisis inicial realizado a las aguas residuales porquerizas permitió identificar que las descargas poseen concentraciones de contaminación en el agua en su mayoría fuera de los límites permisibles contemplados en la Tabla 10 del TULSMA, entre los valores más significativos están sólidos suspendidos Totales y Coliformes fecales lo que plantea un serio riesgo para la salud humana.

- De las dos especies evaluadas en la presenta investigación la que presento mayor potencial fitorremediador es la *Hydrocotyle ranunculoides Lf.* (redondita de agua) en los parametros SST 2,6%,DBO_5 1,9%, DQO 28%, N 2,6%, Coliformes fecales 1,9% y P 10,6%

- La efectividad del tratamiento del agua por el proceso de fitorremediación, difiere significativamente entre el uso de la especie vegetal *Hydrocotyle ranunculoides Lf.* (redondita de agua), *Pistia stratiotes L* (lechuga de agua).

- El diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales porquerizas está diseñado para para una población futura de 100 cerdos en 20 años, La selección de la tecnología de tratamiento de aguas residuales ha sido escogida en función de parámetros ambientales, características propias de la zona, características del agua residual resultando como diseño de un canal de entrada provistas de rejillas de sólidos gruesos, un

desarenador rectangular, un tanque para lodos, y por último una piscina para implementar el proceso de Fitorremediación.

- El costo de la planta de tratamiento de las aguas resisuales porquerizas tiene un valor de $2.475.85 dólares.

9 RECOMENDACIONES

Para las Instituciones Educativas.

- Se recomienda a los estudiante relacionados al medio ambiente realicen estudios de investigación seguiendo una metodología estricta, para evitar posibles alteraciones en los resultados.

- Se recomienda a la universidad realizar un inventario de plantas con capacidad fito remediadora que puedan ser empleada para remediar aguas contaminadas por la porcicultura.

Para las instituciones Gubernamentales.

- Exigir un plan de remediación para las aguas contaminadas por la porcicultura utilizando la especie *Hydrocotyle ranunculoides Lf.* (redondita de agua).

- Exigir el cumplimiento de la normativa en función de reducir la contaminación de las aguas.

Para los Porcicultores.

- Se les recomienda utilizar la especie Hydrocotyle ranunculoides Lf. (redondita de agua) para la remediación y recuperación de aguas contaminadas por la porcicultura.

- Realizar un taller de concienciación a los porcicultores sobre manejo de las aguas residuales e higene en el manejo de las granjas porcicolas.

10 BIBLIOGRAFIA

(EINECS), E. I. (s/f). http://esis.jrc.ec.europa.eu/index.php?PGM=ein.

acuario, P. d. (s.f.). http://www.elacuario.org/planta/hydrocotyle-leucocephala.

Agroecosytems, T. a. (10 de Enero de 2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminacion. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf.

Andino, J. R. (Febrero de 2016). Evaluación de thypa latifolia en la absorción de plomo y propuesta de fitorremediación de aguas residuales con metales pesados en la laguna de yahuarcocha. Tesis Final Renato Oquendo. Quito, Pichincha, Sierra.

Distancia, U. A. (s/f).

Fleppc.org. (s/f). http://www.fleppc.org/ID_book/Pistia%20stratiotes.pdf.

INFOJARDIN. (2002-2015). http://www.infojardin.com.

Mariuxi Del Cisne Jaramillo Jumbo, E. D. (2012). http://dspace.ups.edu.ec/simple-search?query=fitorremediacion.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). Acuerdo Ministerial 028. Quito.

Wikipedia, l. e. (26 de Mayo de 2016). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura.

Wikipedia, l. e. (16 de Mayo de 2016). https://es.wikipedia.org/wiki/PH.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Constitución de la Republica del Ecuador. Montecristi.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). Ley de Prevencion y Control de la Contamianción Ambiental (Registro oficial Suplemento 418).

Asamblea Nacional del Ecuador. (2014). Ley Organica de Recursos Hidricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Quito.

PDOT, (2010-2020). Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial de la paroquia Cumbaratza.

Ecuador, M. d. (2015). Norma de la Calidad Ambiental y de desgarga de efluentes:Recurso Agua.

Lara, J. L. (2011). Determinación de la eficacia de Azolla Caroliniana como matriz de hiperacumulacion de metales pesados cuantificados. Quito.

Leon, M., & Peralta, M. (2009). ESTUDIO DEichornia crassipes, lemma gibba y Azolla filiculoides en el tratamiento biologico de aguas residuales domesticas en sistemas comunitarios y unifamiliares del cantón cotacachi. Ibarra.

Lopez, A. E. (2013). Diseño de un Sistema de Tratamiento para aguas residuales de la Cabecera Parroquial de San Luis Provincia de Chimborazo. Riobamba.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). Acuerdo Ministerial 028. Quito.

Poveda, R. (2014). Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón ambato, provincia de tungurahua". ambato.

Pozo, & Fiallos. (2011- 2012).

Pozo, J. G. (2014). “Diseño de lagunas de oxidación para tratamiento de aguas residuales generadas en el campamento el coca de la empresa. Quito.

Ramirez. (s/f).

Rodríguez. (2006).

Rodriguez Fernandez, A., Garcia, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar , S., & Garcia, J. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid.

Roldán, & Álvarez . (2002).

Senagua. (2012). Secretaria Nacional del Agua. Obtenido de Secretaria Nacional del Agua.

Silva, J. V. (2015). “Las aguas residuales domésticas del barrio el recreo y su incidencia en la calidad del agua del rio pindo grande de la ciudad del puyo, provincia de pastaza. Ambato.

Taiganides, Peréz, & Girón. (1996).

Trujillo, Z. M. (2012). “Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas”. Lima.

Poveda, R. (2014). Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón ambato, provincia de tungurahua". Ambato.

Pozo, & Fiallos. (2011- 2012).

Pozo, J. G. (2014). “Diseño de lagunas de oxidación para tratamiento de aguas residuales generadas en el campamento el coca de la empresa. Quito.

Ramirez. (s/f).

Rodríguez. (2006).

Rodriguez Fernandez, A., Garcia, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar , S., & Garcia, J. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid.

Roldán, & Álvarez . (2002).

Senagua. (2012). Secretaria Nacional del Agua. Obtenido de Secretaria Nacional del Agua.

Silva, J. V. (2015). “Las aguas residuales domésticas del barrio el recreo y su incidencia en la calidad del agua del rio pindo grande de la ciudad del puyo, provincia de pastaza. Ambato.

11 ANEXOS

Anexo 1. Entrevista al propietario de la Granja "El Guayabal"

1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA SEDE ZAMORA

Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

Ficha para la entrevista

Provincia: Zamora Chinchipe **Parroquia** Cumbaratza

Cantón: Zamora **Sector** Nambija Bajo

Preguntas de cuestionamiento

1. ¿Cuál es el nombre del propietario de la granja?

Santiago Celio Mijas

2. ¿Desde cuándo usted viene desarrollando la actividad porcícola?

Desde 6 años, ademas de otras actividades como la ganadería y la agricultura

3. ¿Actualmente, con cuantos cerdos cuenta en la Granja "El Guayabal"?

43 Cerdos, de estos 2 cerdas madres, 17 lechones y 24 de engorde.

4. ¿Qué superficie ocupa la Granja?

1 hectárea (10000 m²).

5. ¿Dispone la Granja de un asesoramiento técnico?

No.

6. ¿Qué tipos de sustancias utiliza para la limpieza o desinfección de los corrales?

Creolina, Dejd para la desinfección

7. ¿Cuál es el destino final de las aguas residuales les da algún tratamiento?

No se les da ningún tratamiento adecuado, desembocan directamente

al río Zamora.

8. ¿En qué horarios realiza la limpieza de la granja?

La limpieza se realiza desde las 08h00 am y 15h00 pm.

9. ¿Ha pensado usted realizar un tratamiento adecuado a las aguas residuales generadas por la granja?

No, porque no ha tenido conocimiento en el tratamiento adecuado de las aguas residuales.

10. ¿Qué cantidad de agua utiliza para la limpieza de los galfones a diario?

880 Litros que equivale a $0.88 m^3$.

¡Gracias por su colaboración!

Anexo 2. Análisis de laboratorio del estado actual del agua residual generara por la Granja “El Guayabal”

CIESSA Cia. Ltda.
ONEA Test Lab

CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS

1. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN:	CIESSA-ONEA Test Lab-66 - 16	REMITENTE:	Egda. Carmen Masache
PROYECTO:	" Evaluación del Potencial Fitorremediador de dos Especies Vegetales (Pistia Stratiotes L.) y (Hydrocotyle ranunculoides L f) en el Tratamiento de las Aguas Contaminadas por la Porcicultura en la Granja "El Guayabal" del Barrio Nambija Bajo, Cantón Zamora.	SOLICITANTE:	Egda. Carmen Masache
		DIRECCIÓN:	Yantzaza
		TELEFAX:	Móvil: 0997848756

2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO:	20 - 04 - 2016	MUESTRA:	Agua Residual en Porcicultura		
FECHA DE ANÁLISIS:	20 - 04 - 2016	CODIGO:	MA: DP1	CANTIDAD:	1000 ml
FECHA DE REPORTE:	29 - 04- 2016	PARROQUIA:	Cumbaratza	CANTON:	Zamora
FECHA DE ENTREGA:	29 - 04 - 2016	PROVINCIA:	Zamora Chionchipe	BARRIO:	Nambija Bajo

Límite Máximo Permisible de Descarga a un cuerpo de Agua dulce, según TULAS

3. ENSAYOS FÍSICOS - QUÍMICOS:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Presencia		0,3 mg/l	ETAS	M S P-TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Presencia	-	Ausencia	TULAS	TULAS
Sólidos Totales	mg/l	1 664	-	1 600	AOAC 920.193	TULAS
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1170	-	1000	AOAC 920.193	-TULAS
Sólidos Disueltos Fijos	mg/l	130	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Disueltos Volátiles	mg/l	1040	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Suspendidos	mg/l	492	-	100	AOAC 920.193	TULAS
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l	102	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Susp. Volátiles	mg/l	390	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Sedimentables	ml/l	8,0	-	1,0	IMHOFF	M S P-TULAS

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Fósforo Total	mg/l	11,3	-	10	ÁCIDO ASCÓRBICO	TULAS
Nitrógeno Total	mg/l	19,6	-	15.0	NESSLER	TULAS
Sulfatos	mg/l	385	-	1000	TUBIDIMIETRO	TULAS
D B O_5	mg/l	158	-	100	AOAC 973 - 44	TULAS
D Q O	mg/l	114	-	250	AOAC973 - 46	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3.0E+03	= Remoción	> al 99,9% **	INEN 1 529-8	=TULAS

Nota:

=TULAS Aquellos regulados con descargas de Coliformes Fecales menores o iguales a 3000 quedan exentos de tratamiento, contempla sobre el criterio de calidad en descarga a un cuerpo de agua dulce.

-INEN, OMS, USPHS e IEOS Según Normas de Límite Máx. Permisible para Agua Potable de Consumo Humano.

- Todos los resultados con el signo " - " no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisible.

NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGIA:

- mg/l y ml/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro) / - D B O5 (Demanda Bioquímica de Oxigeno en 5 días)
- N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros) / - DQO (Demanda Química de Oxígeno)

CIESSA Cia. Ltda. ONEA Test Lab CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS RUC. 1191731760001

Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO
ONEA Test Lab
HIDRO SANITARIO

Mg.Sc. Edgar S. Ojeda Riascos, BQF.
ONEA Test Lab
MICROBIOLOGIA

Av. Manuel Agustín Aguirre # 11-13 y Azuay, Esquina // La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles// Teléfonos: 072-589913 072-102 707-584 594/Telefax:072-589 913/102 707/Celular:091549877 / E.mail: ciessa1@hotmail.com // Loja-Ecuador

Anexo 3 Tabla de límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE-NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA

TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

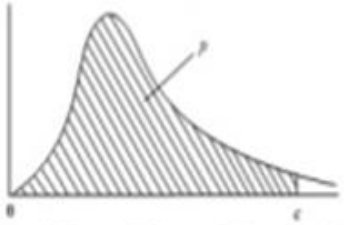
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN^-	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl^-	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	10000
Color real [1]	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO_5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO_4^{-2}	mg/l	1000
Sulfuros	S^{-2}	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Activos al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

[1] La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

Anexo 4. Valores críticos de la distribución chi cuadrado

Valores críticos de la distribución χ^2 (tema 6.9)

$p = P(X \leq c)$



p	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995
$\nu = 1$	0,00004	0,0002	0,001	0,004	0,016	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	9,236	11,070	12,833	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	2,833	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	3,490	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	4,865	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	5,578	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	6,304	18,549	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	7,042	19,812	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	7,790	21,064	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	8,547	22,307	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	9,312	23,542	26,296	28,845	32,000	34,267
17	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Anexo 3. Análisis de laboratorio de la *Hydrocotyle ranunculoides L.F* (redondita de agua) en el tratamiento de las aguas porquerizas generara por la Granja “El Guayabal”

GRÜNtec
ENVIRONMENTAL SERVICES

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 05-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Carmen Elizabeth Masache Granda
Zamora. Parroquia Cumbaratza. Barrio Nambija Bajo
Telf:0969813639
Atn: Elizabeth Masache
Proyecto: Análisis de Agua
Muestra Recibida: 31-oct-16
Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua
Análisis Completado: 10-nov-16
Número reporte Gruentec: 1610492-AG001

Rotulación Muestra:	**DP1 (H.R)**	**Método Adaptado de Referencia / Método Interno**
Fecha de Muestreo:	**30-oct-16**	
No. Reporte Grüntec:	**1610492-AG001**	
Físico Químico:		
Sólidos Suspendidos Totales mg/L [1,2]	18	SM 2540 D / MM-AG-05
Parámetros Orgánicos:		
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L [1,2]	<3	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno mg/L [1,2]	37	SM 5220 D / MM-AG-18
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L [1,2]	<0.5	SM 4500 Norg / MM-AG-35
Parámetros Microbiológicos:		
Coliformes Fecales NMP/100 mL [1,2]	90	SM 9223 A,B / MM-AG/S-20
Metales totales:		
Fósforo mg/L [1,2]	1.4 [a) b)]	EPA 6020 B / MM-AG/S-39

Registros y Acreditaciones:
[1] Acreditación No. OAE LE 2C 05-008
[2] Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

a) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 2x.

b) Método de Digestión : EPA 3005a

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en Agua = 0.30; Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29;

Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Sólidos Suspendidos Totales = 0.12;

Nitrógeno Total Kjeldahl = 0.12

Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.

Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.
Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.
Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

San Juan de Cumbayá - Eloy Alfaro S7-157 y Belisario Quevedo. P.O. Box 17-22-20064 Quito - Ecuador
Telfs: 601- 4371 / 603 - 9221/ 600 - 5273 - E-mail: info@gruentec.com - www.gruentec.com

GRÜNtec
ENVIRONMENTAL SERVICES

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 05-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Carmen Elizabeth Masache Granda
Zamora. Parroquia Cumbaratza. Barrio Nambija Bajo
Telf:0969813639
Atn: Elizabeth Masache
Proyecto: Análisis de Agua
Muestra Recibida: 31-oct-16
Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua
Análisis Completado: 10-nov-16
Número reporte Gruentec: 1610492-AG002

Rotulación Muestra:	**DP2 (H.R)**	**Método Adaptado de Referencia / Método Interno**
Fecha de Muestreo:	**30-oct-16**	
No. Reporte Grüntec:	**1610492-AG002**	
Físico Químico:		
Sólidos Suspendidos Totales mg/L [1,2]	8	SM 2540 D / MM-AG-05
Parámetros Orgánicos:		
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L [1,2]	<3	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno mg/L [1,2]	33	SM 5220 D / MM-AG-18
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L [1,2]	<0.5	SM 4500 Norg / MM-AG-35
Parámetros Microbiológicos:		
Coliformes Fecales NMP/100 mL [1,2]	40	SM 9223 A,B / MM-AG/S-20
Metales totales:		
Fósforo mg/L [1,2]	1.0 [a) b)]	EPA 6020 B / MM-AG/S-39

Registros y Acreditaciones:
[1] Acreditación No. OAE LE 2C 05-008
[2] Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

a) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 2x.

b) Método de Digestión : EPA 3005a

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en Agua = 0.30; Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29;

Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Sólidos Suspendidos Totales = 0.12;

Nitrógeno Total Kjeldahl = 0.12

Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.

Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.
Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.
Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

San Juan de Cumbayá - Eloy Alfaro S7-157 y Belisario Quevedo. P.O. Box 17-22-20064 Quito - Ecuador
Telfs: 601- 4371 / 603 - 9221/ 600 - 5273 - E-mail: info@gruentec.com - www.gruentec.com

GRÜNtec
ENVIRONMENTAL SERVICES

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 05-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Carmen Elizabeth Masache Granda
Zamora. Parroquia Cumbaratza. Barrio Nambija Bajo
Telf:0969813639
Atn: Elizabeth Masache
Proyecto: Análisis de Agua
Muestra Recibida: 31-oct-16
Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua
Análisis Completado: 10-nov-16
Número reporte Gruentec: 1610492-AG003

Rotulación Muestra:	**DP3 (H.R)**	**Método Adaptado de Referencia / Método Interno**
Fecha de Muestreo:	**30-oct-16**	
No. Reporte Grüntec:	**1610492-AG003**	
Físico Químico:		
Sólidos Suspendidos Totales mg/L [1,2]	12	SM 2540 D / MM-AG-05
Parámetros Orgánicos:		
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L [1,2]	<3	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno mg/L [1,2]	27	SM 5220 D / MM-AG-18
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L [1,2]	<0.5	SM 4500 Norg / MM-AG-35
Parámetros Microbiológicos:		
Coliformes Fecales NMP/100 mL [1,2]	40	SM 9223 A,B / MM-AG/S-20
Metales totales:		
Fósforo mg/L [1,2]	1.1 [a) b)]	EPA 6020 B / MM-AG/S-39

Registros y Acreditaciones:
[1] Acreditación No. OAE LE 2C 05-008
[2] Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

a) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 2x.

b) Método de Digestión : EPA 3005a

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en Agua = 0.30; Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29;

Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Sólidos Suspendidos Totales = 0.12;

Nitrógeno Total Kjeldahl = 0.12

Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.

Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.
Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.
Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

San Juan de Cumbayá - Eloy Alfaro S7-157 y Belisario Quevedo. P.O. Box 17-22-20064 Quito - Ecuador
Telfs: 601- 4371 / 603 - 9221/ 600 - 5273 - E-mail: info@gruentec.com - www.gruentec.com

Anexo 4. Análisis de laboratorio de la *Pistia straiotes L*. (Lechuga de agua) en el tratamiento de las aguas porquerizas generara por la Granja "El Guayabal".

GRÜNtec
ENVIRONMENTAL SERVICES

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 05-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Carmen Elizabeth Masache Granda
Zamora. Parroquia Cumbaratza. Barrio Nambija Bajo
Telf:0969813639
Atn: Elizabeth Masache
Proyecto: Análisis de Agua
Muestra Recibida: 31-oct-16
Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua
Análisis Completado: 10-nov-16
Número reporte Gruentec: 1610492-AG004

Rotulación Muestra:	**DP4 (H.R)**	**Método Adaptado de Referencia / Método Interno**
Fecha de Muestreo:	**30-oct-16**	
No. Reporte Grüntec:	**1610492-AG004**	
Físico Químico:		
Sólidos Suspendidos Totales mg/L [1,2]	31	SM 2540 D / MM-AG-05
Parámetros Orgánicos:		
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L [1,2]	<3	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno mg/L [1,2]	50	SM 5220 D / MM-AG-18
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L [1,2]	<0.5	SM 4500 Norg / MM-AG-35
Parámetros Microbiológicos:		
Coliformes Fecales NMP/100 mL [1,2]	<30	SM 9223 A,B / MM-AG/S-20
Metales totales:		
Fósforo mg/L [1,2]	2.8 [a) b)]	EPA 6020 B / MM-AG/S-39

Registros y Acreditaciones:
[1] Acreditación No. OAE LE 2C 05-008
[2] Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE
a) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 2x.
b) Método de Digestión : EPA 3005a
INCERTIDUMBRE (U):
Metales en Agua = 0.30; Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29;
Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Sólidos Suspendidos Totales = 0.12;
Nitrógeno Total Kjeldahl = 0.12
Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.

Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.
Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.
Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

San Juan de Cumbayá - Eloy Alfaro S7-157 y Belisario Quevedo. P.O. Box 17-22-20064 Quito - Ecuador
Telfs: 601- 4371 / 603 - 9221/ 600 - 5273 - E-mail: info@gruentec.com - **www.gruentec.com**

GRÜNtec
ENVIRONMENTAL SERVICES

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 05-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Carmen Elizabeth Masache Granda
Zamora. Parroquia Cumbaratza. Barrio Nambija Bajo
Telf:0969813639
Atn: Elizabeth Masache
Proyecto: Análisis de Agua
Muestra Recibida: 31-oct-16
Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua
Análisis Completado: 10-nov-16
Número reporte Gruentec: 1610492-AG005

Rotulación Muestra:	**DP5 (H.R)**	**Método Adaptado de Referencia / Método Interno**
Fecha de Muestreo:	**30-oct-16**	
No. Reporte Grüntec:	**1610492-AG005**	
Físico Químico:		
Sólidos Suspendidos Totales mg/L [1,2]	21	SM 2540 D / MM-AG-05
Parámetros Orgánicos:		
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L [1,2]	<3	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno mg/L [1,2]	38	SM 5220 D / MM-AG-18
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L [1,2]	<0.5	SM 4500 Norg / MM-AG-35
Parámetros Microbiológicos:		
Coliformes Fecales NMP/100 mL [1,2]	<30	SM 9223 A,B / MM-AG/S-20
Metales totales:		
Fósforo mg/L [1,2]	2.1 [a) b)]	EPA 6020 B / MM-AG/S-39

Registros y Acreditaciones:
[1] Acreditación No. OAE LE 2C 05-008
[2] Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

a) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 2x.

b) Método de Digestión : EPA 3005a

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en Agua = 0.30; Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29;

Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Sólidos Suspendidos Totales = 0.12;

Nitrógeno Total Kjeldahl = 0.12

Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.

Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.
Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.
Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

San Juan de Cumbayá - Eloy Alfaro S7-157 y Belisario Quevedo. P.O. Box 17-22-20064 Quito - Ecuador
Telfs: 601- 4371 / 603 - 9221/ 600 - 5273 - E-mail: info@gruentec.com - www.gruentec.com

GRÜNtec
ENVIRONMENTAL SERVICES

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 2C 05-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Carmen Elizabeth Masache Granda
Zamora. Parroquia Cumbaratza. Barrio Nambija Bajo
Telf:0969813639
Atn: Elizabeth Masache
Proyecto: Análisis de Agua
Muestra Recibida: 31-oct-16
Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua
Análisis Completado: 10-nov-16
Número reporte Gruentec: 1610492-AG006

Rotulación Muestra:	**DP6 (H.R)**	**Método Adaptado de Referencia / Método Interno**
Fecha de Muestreo:	**30-oct-16**	
No. Reporte Grüntec:	**1610492-AG006**	
Físico Químico:		
Sólidos Suspendidos Totales mg/L [1,2]	26	SM 2540 D / MM-AG-05
Parámetros Orgánicos:		
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L [1,2]	<3	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno mg/L [1,2]	40	SM 5220 D / MM-AG-18
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L [1,2]	<0.5	SM 4500 Norg / MM-AG-35
Parámetros Microbiológicos:		
Coliformes Fecales NMP/100 mL [1,2]	40	SM 9223 A,B / MM-AG/S-20
Metales totales:		
Fósforo mg/L [1,2]	2.2 [a) b)]	EPA 6020 B / MM-AG/S-39

Registros y Acreditaciones:
[1] Acreditación No. OAE LE 2C 05-008
[2] Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

a) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 2x.

b) Método de Digestión : EPA 3005a

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en Agua = 0.30; Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29;

Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Sólidos Suspendidos Totales = 0.12;

Nitrógeno Total Kjeldahl = 0.12

Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.

Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.
Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.
Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

San Juan de Cumbayá - Eloy Alfaro S7-157 y Belisario Quevedo. P.O. Box 17-22-20064 Quito - Ecuador
Telfs: 601- 4371 / 603 - 9221/ 600 - 5273 - E-mail: info@gruentec.com - www.gruentec.com

ÍNDICE GENERAL

Índice de Contenido

PORTADA……I

CERTIFICACION……..…..II

AUTORIA……..……..III

CARTA DE AUTORIZACIÓN ……..…IV

DEDICATORIA……..…V

AGRADECIMIENTO……..…VI

1 TITULO 1

2 RESUMEN 2

2.1 SUMMARY 3

3 INTRODUCCION 4

4 REVISIÓN DE LITERATURA 7

4.1 Agua. 7

4.1.1 Importancia.....7

4.1.2 Usos. 8

4.1.3 Contaminación del agua.....8

4.1.4 Carga del contaminante. 8

4.1.5 Carga máxima permisible.....9

4.1.6 Capacidad de autodepuración.....9

4.1.7 Criterio de calidad del agua.....9

4.2 Aguas residuales. 9

4.2.1 Clasificación de las aguas residuales.....10

4.3 Descarga de aguas residuales. 11

4.3.1 Descarga puntual.....11

4.3.2 Descarga no puntual. 11

4.4 Muestreo de aguas residuales.....11

4.4.1 Clasificación de las muestras 11

4.5 Las determinaciones de campo. 12

4.5.1 Medición del caudal.....12

4.5.2 Medición del pH.....12

4.5.3 Medición de temperatura.....13

4.6 Caracterización de un agua residual. 13

4.6.1 Parámetros Físicos 13

4.6.2 Parámetros Biológicos. 16

4.7 La Fitorremediación como alternativa para el tratamiento de Aguas Residuales. 17

4.7.1 Definición.....17

4.7.2 Ventajas y desventajas de la Fitorremediación. 18
4.7.3 Mecanismos de Fitorremediación.....19
4.7.4 Clasificación de la fitorremediación. 20
4.7.5 La Rizofiltración. 20
4.8 Especies con potencial fitorremediador para Aguas Residuales. 21
4.8.1 Características Generales de las Especies Vegetales a utilizar. 22
4.9 Estudios realizados.....26
4.9.1 Eficiencia de la Lechuga de Agua 'Pistia stratiotes' en la Remoción de Nutrientes del Agua Residual Doméstica, Urbanización la Gloria, ATE – 2014……..... ……26
4.9.2 Evaluación la eficacia del lirios acuáticos (*Eichhornia crassipes y Pistia stratiotes)* a través del análisis del efluente de una laguna de estabilización en Austin, Texas, EUA. 27
4.9.3 Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Eichhornia crassipes mart.* (Jacinto de agua), *Pistia stratiotes L.* (lechuga de agua) en el tratamiento de aguas residuales domésticas procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Unión Milagreña del cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana.....27
4.10 Marco legal 28
5 MATERIALES Y MÉTODOS 33
5.1 MATERIALES. 33
5.1.1 Materiales de campo. 33
5.1.2 Materiales de oficina. 33
5.2 METÓDOS. 34
5.2.1 Ubicación Política y Geográfica del área de estudio. 34
5.3 Delimitación Geográfica del barrió Nambija Bajo. 36
5.3.1 Límites. 36
5.4 Aspectos biofísicos y climáticos. 36
5.4.1 Aspectos biofísicos. 36
5.4.2 Climáticos. 37
5.5 Tipo de investigación. 38
5.5.1 Distribución de los tratamientos. 38
5.5.2 Hipótesis de investigación: 38
5.5.3 Variables en estudio. 39
5.5.4 Hipótesis. 39
5.5.5 Modelo estadístico. 39
5.5.6 Población. 40
5.5.7 Muestra. 40
5.6 Metodología para el primer objetivo. 40
5.6.1 Recorrido de campo. 40
5.6.2 Entrevista con el propietario de la Granja. 40
5.6.3 Protocolo de muestreo. 40
5.6.4 Identificación del lugar de muestreo. 41
5.6.5 Horario de recolección. 41
5.6.6 Tipo de recipiente a utilizar. 41
5.6.7 Tipo de muestra. 42
5.6.8 Cantidad de muestra. 42
5.6.9 Etiquetado. 42
5.6.10 Envió de las muestras al laboratorio. 42
5.6.11 Parámetros a ser analizados. 43

5.6.12 Parámetros a analizar In Situ. 44
5.6.13 Análisis de los resultados. 45
5.7 Metodología para el segundo objetivo específico. 46
5.7.1 Selección del sitio. 46
5.7.2 Diseño experimental. 47
5.7.3 Selección del sitio para construcción de las piscinas. 48
5.7.4 Construcción de las piscinas experimentales. .....48_Toc469318358
5.7.5 Obtención de las especies vegetales. 50
5.7.6 Siembra. 50
5.7.7 Mantenimiento monitoreo de las especies acuáticas en las piscinas experimentales. 51
5.7.8 Seguimiento y control. 51
5.7.9 Toma de muestras. 52
5.7.10 Tipo de recipiente a utilizar. 52
5.7.11 Cantidad de muestras a tomar. 53
5.7.12 Etiquetado 53
5.7.13 Traslado de la muestra para el análisis. 53
5.7.14 Análisis de resultado de laboratorio. 54
5.7.15 Desarrollo del módelo estadístico 54
5.7.16 Diseño sistema. 55

6 RESULTADOS 57

6.1 Resultados del Primer Objetivo Específico. 57
6.1.1 Descripción del sitio 57
6.1.2 Caracterización del Agua Residual de la Granja “El Guayabal” 59
6.1.3 Medición del caudal. 60
6.1.4 Medición de los parámetros del pH y Temperatura. 60
6.2 Resultados del Segundo Objetivo Específico. 63
6.2.1 Seguimiento y control de las especies. 64
6.2.2 Resultados de los análisis de laboratorio realizado a las aguas residuales de las celdas de tratamiento uno (T1) y tratamiento dos (T2). 66
6.3 Desarrollo del método estadístico no paramétrico “Chi- cuadrado (X2)” para los parámetros establecidos: 71
6.4 Diseño de un sistema de tratamiento. 76
6.4.1 Determinación de la Población Futura. 76
6.4.2 Caudales de diseño. 76
6.4.3 Dotación de agua residual litros/cerdos/día. 78
6.4.4 Caudal de diseño. 79
6.4.5 PRE TRATAMIENTO 81
6.4.6 TRATAMIENTO PRIMARIO. 85
6.4.7 TRATAMIENTO SECUNDARIO. 87
6.4.8 TRATAMIENTO TERCIARIO. 88
6.4.9 TRATAMIENTO DE LODOS 89
6.4.10 Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Granja “El Guayabal”. 91
6.4.11 Presupuesto del diseño de la planta de tratamiento. 92

7 DISCUSIÓN 93

7.1 Para los resultados del primer objetivo específico.....93

7.2 Para los resultados del segundo objetivo específico 96

8 CONCLUSIONES 98

9 RECOMENDACIONES 100

10 BIBLIOGRAFIA 101

11 ANEXOS 104

Índice de Tablas

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la Fitorremediación. 18

Tabla 2. Mecanismos de Fitorremediación.....19

Tabla 3. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....32

Tabla 4. Envases Proporcionados por la empresa Gruntec. 52

Índice de cuadros

Cuadro 1. Caudales de las aguas residuales porquerizas. 60

Cuadro 2. Resultados de los parámetros In situ de las aguas residuales porquerizas de la Granja "El Guayabal.....61

Cuadro 3. Resultados de los análisis de laboratorio para la caracterización de las aguas residuales porquerizas de la Granja "El Guayabal". 62

Cuadro 4. Promedio de los parámetros evaluados de Pistia stratiotes L (lechuga de agua)…….....64

Cuadro 5. Seguimiento y control de Hydrocotyle ranunculoides Lf (redondita de agua).....65

Cuadro 6. Cuadro comparativo de resultados entre el testigo, tratamiento 1 , 2 y los límites permisibles.....67

Cuadro 7. Tabla de contingencia con las frecuencias observadas en los tratamientos uno y dos.....72

Cuadro 8. Resultados de la suma de las frecuencias observadas. 73

Cuadro 9. Tabla de contingencia con las frecuencias esperadas 74
Cuadro 10. Condiciones de diseño……80
Cuadro 11. Costos del diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales……..91

Índice de Figuras

Figura 1. Distribución de los tratamientos 47
Figura 2. Dimensión de las piscinas experimentales.....49
Figura 3. Ph del agua residual.....61
Figura 4. Temperatura del agua residual.....62
Figura 5. Seguimiento de la especie Pistia stratiotes L provenientes de las aguas residuales.....65
Figura 6. Seguimiento de la especie Hydrocotyle ranunculoides Lf provenientes de las aguas residuales. 66
Figura 7. Resultados parámetro Sólidos Suspendidos Totales analizados en los tratamientos. 67
Figura 8. Resultados parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno analizados en los tratamientos.....68
Figura 9. Resultados parámetro Demanda Química de Oxígeno analizados en los tratamientos.....69
Figura 10. Resultados parámetro Nitrógeno Total Kjeldahl analizados en los tratamientos. 69
Figura 11. Resultados parámetro Coliformes Fecales analizados en los tratamientos. 70
Figura 12. Resultados parámetro Fósforo analizados en los tratamientos.....71

Índice de Fotografías

Fotografía 1. Mapa de ubicación del Área de Estudio. 35
Fotografía 2. Recolección de la muestra 41
Fotografía 3. Selección del sitio 46
Fotografía 4. Piscinas experimentales construidas 49
Fotografía 5. Área total de la Granja "El Guayabal".....59