



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

“EVALUACIÓN DE *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Y *Lemna minor* (L.) Griff. COMO POTENCIALES ESPECIES FITORREMIADORAS, DE AGUAS CONTAMINADAS A CAUSA DEL FAENAMIENTO DE GANADO VACUNO Y PORCINO DEL CAMAL MUNICIPAL UBICADO EN EL BARRIO LA RECTA, CANTÓN EL PANGUI.”

Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

**AUTOR:**

Leoncio Alberto Pineda Cuenca

**DIRECTOR:**

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde, Mg. Sc.

**ZAMORA – ECUADOR**

**2016**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

“EVALUACIÓN DE *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Y *Lemna minor* (L.) Griff. COMO POTENCIALES ESPECIES FITORREMIADORAS, DE AGUAS CONTAMINADAS A CAUSA DEL FAENAMIENTO DE GANADO VACUNO Y PORCINO DEL CAMAL MUNICIPAL UBICADO EN EL BARRIO LA RECTA, CANTÓN EL PANGUI.”

Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

**AUTOR:**

Leoncio Alberto Pineda Cuenca

**DIRECTOR:**

Ing. Galo Enrique 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.

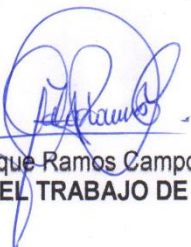
### CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación denominado: “EVALUACIÓN DE *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Y *Lemna minor* (L.) Griff. COMO POTENCIALES ESPECIES FITORREMEIADORAS, DE AGUAS CONTAMINADAS A CAUSA DEL FAENAMIENTO DE GANADO VACUNO Y PORCINO DEL CAMAL MUNICIPAL UBICADO EN EL BARRIO LA RECTA, CANTÓN EL PANGUI.”, desarrollado por el señor Leoncio Alberto Pineda Cuenca, 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, 7 de noviembre de 2016

Atentamente

  
Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde. Mg. Sc  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

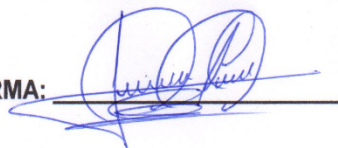
## AUTORÍA

Yo **Leoncio Alberto Pineda Cuenca**, declaro ser autor 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.

**AUTOR:** Leoncio Alberto Pineda Cuenca

**FIRMA:**



**CÉDULA:** 1900786185

**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, **LEONCIO ALBERTO PINEDA CUENCA**, declaro ser autor de la Tesis titulada "**EVALUACIÓN DE *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Y *Lemna minor* (L.) Griff. COMO POTENCIALES ESPECIES FITORREMEIADORAS, DE AGUAS CONTAMINADAS A CAUSA DEL FAENAMIENTO DE GANADO VACUNO Y PORCINO DEL CAMAL MUNICIPAL UBICADO EN EL BARRIO LA RECTA, CANTÓN EL PANGUI.**", como requisito para optar por el grado de: **INGENIERO 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 días del mes de diciembre del dos mil dieciséis, firma el autor:

**AUTOR:** Leoncio Alberto Pineda Cuenca

**FIRMA:** 

**CÉDULA:** 1900786185

**DIRECCIÓN:** Zamora, Av. Del maestro y Pio Jaramillo Alvarado

**CORREO ELECTRÓNICO:** albertopinedac@gmail.com

**TELÉFONO:** 072310035

**CELULAR:** 0990118736

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**DIRECTOR DE TESIS:** Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde Mg. Sc.

**TRIBUNAL DE GRADO**

Ing. Osmani Eduardo López Celi, Mg.Sc. (Presidente)

Ing. Fausto Ramiro García Vasco, Mg.Sc (Vocal)

Ing. Hilter Farley Figueroa Saavedra, Mg.Sc. (Vocal)

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios por darme la oportunidad de vida, luego a mis padres Juan Pineda y Rosa Cuenca, y a mis hermanos, quienes se han constituido en una fuente de apoyo incondicional en cada instante de mi vida.

A mis compañeros, con quienes siempre hemos compartido gratos momentos

Leoncio Alberto Pineda Cuenca

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la oportunidad de cumplir a diario mis objetivos, por darme su amor, protección y fortaleza en todo momento.

A mis padres quienes son el pilar fundamental de mi vida, infinitas gracias por su amor, comprensión y apoyo incondicional en mi formación personal y académica, a mis hermanos por todo el apoyo y cooperación.

A mi Director de Tesis Ing. Galo Ramos Campoverde, Mg.Sc., por la confianza y paciencia brindada, y por su invaluable colaboración en el desarrollo de la presente investigación. A usted mi gratitud eterna.

## 1 TÍTULO

**“EVALUACIÓN DE *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Y *Lemna minor* (L.) Griff. COMO POTENCIALES ESPECIES FITORREMEIADORAS, DE AGUAS CONTAMINADAS A CAUSA DEL FAENAMIENTO DE GANADO VACUNO Y PORCINO DEL CAMAL MUNICIPAL UBICADO EN EL BARRIO LA RECTA, CANTÓN EL PANGUI.”**



## 2 RESUMEN

La presente investigación se desarrolló junto a las instalaciones del camal municipal del Cantón El Panguí, el cual se encuentra ubicado en el barrio La Recta del mismo Cantón, el propósito fue experimentar el grado de descontaminación de las aguas residuales generadas por las actividades de faenamiento, empleando las especies *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*. El desarrollo del proyecto consistió en primer lugar en realizar una caracterización para determinar el grado de contaminación de las aguas residuales del camal, a través de un análisis de laboratorio de las características físicas y químicas, seguidamente se determinó el caudal que se genera diariamente, a través del método volumétrico. A continuación, se construyó 5 piscinas experimentales de hormigón armado cada una de 0,7m<sup>3</sup>, en las dos primeras piscinas se sembró un total de 36 plantas (18 plantas en cada piscina) de la especie *Eichhornia crassipes*, mientras que en las dos piscinas siguientes se sembró una cantidad de 150 gramos (75gr. en cada piscina) de la especie *Lemna minor*, en las cuales se ingresó un caudal representativo (0,02 lts/sg) del total del agua residual generada por el camal. El tiempo establecido para el proceso de la investigación fue de tres meses. Para determinar la eficiencia de remoción de los contaminantes se realizó un análisis de laboratorio, logrando una reducción de los SST (99,6%), cloruros (85,8%), aceites y grasas (98,9%), DBO (98,4%) y DQO (95,8%), todos estos con la especie *Eichhornia crassipes*. Finalmente se diseñó con la ayuda del software AUTOCAD un humedal de flujo superficial tomando en cuenta la especie que presentó el mayor porcentaje de remoción de contaminantes.

## 2.1 SUMMARY

This research was carried out next to the installations of the Municipal slaughtering house; town "El Panguí", which is located in "La Recta" neighborhood from the same town, the purpose was to test the grade of sewage water generated by the activities of slaughter, using the species *Eichhornia crassipes* and *Lemna minor*. The development of the project was first to develop a characterization to determine the grade of pollution of the sewage water from slaughtering house through a laboratory analysis of the physical and chemical characteristics, immediately it was determined the flow that is generated daily through the volumetric method. After, it was built five experimental pools of reinforced concrete each one of 0.7m<sup>3</sup>, in the first two pools a total of 36 plants (18 plants in each pool) of the species *Eichhornia crassipes* were planted, while in the following two pools an amount of 150 grams (75gr. Each pool) of the species *Lemna minor* were planted. In which was entered a representative flow (0.02 lts / sg) of the total sewage water generated by the slaughtering house. The time set for the research process was three months. To determine the removal efficiency of the pollutants, a laboratory analysis was carried out, achieving a reduction of SST (99.6%), chlorides (85.8%), oils and greases (98.9%), DBO (98, 4%) and DQO (95.8%), all of these with *Eichhornia crassipes* specie. Finally, a surface flow wetland was designed with the help of the AUTOCAD software, taking into account the species that presented the highest percentage of removal pollutants.

### 3 INTRODUCCIÓN

Todas las actividades que desarrollamos en nuestra vida diaria están estrechamente relacionadas con el uso del agua, ya que es el líquido indispensable para el desarrollo de las mismas. En los últimos años se ha incrementado la contaminación de los diferentes cuerpos de agua debido al manejo inadecuado de las aguas residuales, es por esto y más que actualmente la Constitución de la República del Ecuador reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Adicionalmente declara de interés público la preservación del ambiente, conservación de los ecosistemas y la prevención del daño ambiental.

El tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas es un tema que cada vez está adquiriendo mayor importancia a nivel mundial, sin embargo, en el Ecuador existe poca investigación. Los estudios sobre este tipo de tratamientos generalmente provienen de otros países. La fitorremediación es un proceso que emplea el uso de plantas para remover, transferir, concentrar y/o destruir contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en ciertos factores abióticos como: suelo, aguas, lodos, sedimentos; las especies vegetales de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes Solms*) y lenteja de agua (*Lemna minor L.*) son reconocidas por su potencial fitorremediador. En síntesis, la fitorremediación puede definirse como una tecnología sustentable que se basa en el uso de plantas para reducir la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, sedimentos, agua y aire, a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas.

El propósito de este proyecto es investigar el potencial fitorremediador de las especies jacinto de agua (*Eichhornia crassipes Solms*) y lenteja de agua (*Lemna minor L.*), para lo cual se realizó: la construcción de cinco piscinas experimentales, análisis de laboratorio a todos los tratamientos y la utilización de un modelo estadístico para comprobar las hipótesis, con estos se determinó cuál de las dos especies vegetales utilizadas tiene mayor capacidad de fitorremediación y de esta forma plantear una alternativa de tratamiento mediante la especie que mejores resultados presente. El GAD municipal del Cantón El Panguí será quien se beneficie de manera directa ya que el presente proyecto plantea una alternativa sustentable como lo es la fitorremediación para el tratamiento de las aguas residuales generadas en el camal; además beneficia a la población de los alrededores que desarrolla actividades de pesca en el río Zamora.

Para el desarrollo de la presente investigación se ha planteado un objetivo general y tres objetivos específicos los cuales se describen a continuación:

Evaluar *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms y *Lemna minor* como potenciales especies para la remediación de aguas contaminadas por el faenamiento de ganado vacuno y porcino en el camal municipal ubicado en el barrio La Recta, Cantón El Panguí.

Caracterizar las aguas residuales provenientes del camal ubicado en el Barrio la Recta Cantón El Panguí.

Evaluar la capacidad de depuración de aguas residuales provenientes del camal, con las especies *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. y *Lemna minor* (L.) Griff.

Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales procedentes del camal, mediante el empleo de la especie que mejores resultados de remoción de contaminantes presente.

## 4 REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 El agua como elemento indispensable para la vida

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (FAO, 1996) describe:

El agua es indispensable para la vida, porque ningún organismo sobrevive sin ella. Es un constituyente esencial de la materia viva y la fuente de hidrógeno para los organismos. También influye en ellos a través de la atmosfera y el clima. Es el medio en el que se desarrolla la abundante y variada flora y fauna acuática. Los seres vivos están formados en su mayor parte por agua. En el caso de algunos animales marinos el porcentaje de agua puede superar el 95%. Las semillas secas, que conservan solo rastros de humedad, no pueden germinar sin absorber grandes cantidades de agua. El agua interviene en todas las funciones vitales de plantas y animales: Las plantas verdes realizan la fotosíntesis a partir de agua y dióxido de carbono. Sus raíces captan los nutrientes cuando están disueltos en el agua. La savia, una solución, distribuye la sustancia orgánica en el interior de las plantas. En los animales, el agua participa en importantes reacciones bioquímicas que se desarrollan dentro de las células. Además, disuelve y transporta las sustancias necesarias para la alimentación celular y las sustancias tóxicas que el organismo expulsa en forma de sudor y orina. Los organismos acuáticos absorben el agua directamente del medio y la excretan en el después de utilizarla. Cuando mueren, el agua que contienen vuelve al medio en el proceso de descomposición de la materia. Las plantas terrestres incorporan el agua desde el suelo y la devuelven a la atmosfera con la transpiración y la respiración. Los animales terrestres la obtienen a través de distintas fuentes: absorbiéndolas a través de la superficie corporal, alimentándose de sustancias que contienen agua o bebiéndola directamente y a partir de la descomposición de las grasas que almacenan (algunos animales del desierto) (párr. 7-12).

#### 4.1.1 Concepto de agua.

De acuerdo con la FAO (1996):

El agua es la sustancia que más abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso. La mayor reserva de agua está en los océanos, que contienen el 97% del agua que existe en la Tierra. Se trata de agua salada, que solo permite la vida de la flora y fauna marina. El resto de agua es dulce, pero no toda esta disponible: gran parte permanece siempre helada, formando los casquetes polares y los glaciares (párr. 1).

#### 4.1.2 Principales usos del agua.

De acuerdo con (PLANET INV, 2003) los principales usos del agua son los que se describen a continuación:

**Uso en la industria:** El agua es uno de los recursos más importantes en la industria, ya que es usada como materia prima, enfriante, solvente, agente de transporte y como fuente de energía. En caso de países como Estados Unidos y Canadá un 6% de agua extraíble se destina a este uso. **Uso municipal:** Se considera el uso público, comercial y residencial, incluyéndose todos los usos domésticos del agua como beber y cocinar. En el caso de países como Estados Unidos y Canadá un 14% de agua extraíble se destina a este uso. **Uso en la Agricultura:** Dentro de este grupo se considera el agua para riego de cultivos y aguas que consume la ganadería. En la mayor parte del mundo, 70-80% de toda el agua consumida para actividades humanas corresponde al uso para la agricultura. En el caso de países como Estados Unidos y Canadá un 40% de agua extraíble se destina a este uso. **Uso en la Minería:** El agua es utilizada para separar los minerales de rocas y limpiar materiales de desecho. Aproximadamente un 1% se destina a este uso en países como Estados Unidos y Canadá (p. 65).

### **4.1.3 Importancia de la conservación.**

De acuerdo con (Green Mind, 2015):

El agua es un elemento imprescindible para la vida de todos los seres vivos. Es un recurso natural y renovable que no se agota, solo se transforma, cambiando de sitio, estado y forma. Pero a pesar de esto el agua útil para nosotros es el agua potable o de gran calidad la cual es una pequeña proporción de toda el agua disponible en el planeta. La gran parte de esta agua que consumimos procede de acuíferos, manantiales y embalses cuya tasa de renovación (en los dos primeros casos) es realmente lenta, tanto que en muchos casos se denomina como agua no renovable. Por tanto, el agua es un recurso muy valioso del cual no podemos prescindir ya que conforma gran parte de nosotros, es modelador del paisaje y sin él no habría vida, no sería posible la realización de las acciones vitales. Su valor es alto, pero según el sitio este es más o menospreciado. A pesar de su gran importancia no nos damos cuenta de las grandes pérdidas que sufrimos de este recurso tan valioso, ya que no la sabemos valorarlo suficientemente bien. La malgastamos, contaminamos y desperdiciamos y siendo en la gran mayoría de los casos conscientes de ello. Por todo ello debemos hacer un consumo responsable. Hay que utilizar solo la que necesitemos y sobre todo debemos evitar contaminarla.

### **4.1.4 Contaminación del agua.**

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2016) describe como: “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.3).



De acuerdo con la FAO (1996) menciona que:

La contaminación se produce cuando el agua contiene demasiada materia orgánica, o sustancias tóxicas no orgánicas. La materia orgánica presente en el agua es destruida por organismos descomponedores (bacterias), que necesitan oxígeno para actuar. Cuando el agua de lagos y ríos está sobrecargada de desechos orgánicos, escasea el oxígeno y las plantas y animales pueden morir. Otro peligro es el aumento de los fosfatos y nitratos que se liberan durante la descomposición de los desechos orgánicos. Estas sustancias son nutrientes para los vegetales y favorecen la proliferación de plantas en la superficie, como algas. Esta masa densa obstaculiza el paso de la luz solar y el intercambio de gases con la atmósfera, pudiendo destruir otras formas de vida vegetal y animal existentes. Además, las plantas realizan la fotosíntesis y respiran durante el día. Por la noche respiran solamente, consumiendo el oxígeno disuelto en el agua de esta manera, las grandes masas de algas compiten con los peces por el oxígeno existente. Los desechos orgánicos de origen animal pueden contener parásitos, bacterias y virus que transmiten enfermedades. La contaminación no orgánica se produce cuando el agua lleva disueltas sustancias tóxicas, producidas por las industrias, minas y el uso de pesticidas en la agricultura. Estas sustancias son liberadas sin purificar en los ríos y lagos, causando daño a los seres vivos que los habitan y también a las personas que se alimentan de los peces extraídos de ellos (párr. 13).

#### **4.1.5 Principales fuentes de contaminación hídrica.**

Barba (2002) establece las siguientes fuentes de contaminación:

**Naturales:** Algunas fuentes de contaminación del agua son naturales. Por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra y en los océanos, contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y con muchos otros productos. Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de contaminación, excepto en

algunos lugares muy específicos. La contaminación de origen humano, en cambio, se concentra en zonas concretas y, para la mayor parte de los contaminantes, es mucho más peligrosa que la natural.

**De origen humano:** Hay cuatro focos principales de contaminación antropogénica:

**Industria.** Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos. Normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos como metales tóxicos: **Vertidos humanos.** La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales, etc.), sales, ácidos, etc.

**Navegación.** Produce diferentes tipos de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos.

Según el estudio realizado por el Consejo Nacional de Investigación de los EEUU, en 1985 se vertieron al mar unas 3.200.000 toneladas de hidrocarburos. A lo largo de la década de los ochenta se tomaron diversas medidas para disminuir la contaminación de los mares y la Academia de las Ciencias de EEUU estimaba que se habían reducido en un 60% los vertidos durante estos años. Se puede calcular que en 1989 se vertieron al océano algo más de 2.000.000 de toneladas.

**Agricultura y ganadería.** Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las aguas

La mayoría de los vertidos directos, por ejemplo, en España (el 65% de los 60 000 vertidos directos que hay), son responsabilidad de la ganadería. Se les llama directos a los vertidos que no se hacen a través de redes urbanas de saneamiento, y por tanto son más difíciles de controlar y depurar (p. 14-16).

#### **4.1.5.1 Aguas residuales por actividades de faenamiento.**

Ruiz (2011) establece que:

Las aguas residuales de los mataderos son un problema, existiendo numerosos puntos en el proceso de sacrificio como focos importantes de contaminación. A continuación, se determinan las aguas residuales generadas en cada una de las etapas del proceso de sacrificio: en el área de **Recepción de animales:** En esta etapa las aguas residuales contienen principalmente restos de productos de limpieza con restos orgánicos procedentes de la orina y deyecciones de los animales; en el área de **Estabulación:** Durante la estabulación los animales orinan y defecan, confiriéndole al agua residual de esta sección un alto contenido en compuestos nitrogenados. Se estima un consumo de agua entre 5 y 15 L/m<sup>2</sup> para la limpieza de los establos; en el área de **Aturdido:** Debido a las características de esta operación el animal va a producir una gran cantidad de orina, que conlleva una contaminación del agua con compuestos nitrogenados; en el área de **Sangrado:** A pesar de que se disponga de métodos de recolección de sangre, siempre habrá pérdidas por goteo, que van a conferirle al agua una alta carga en materia orgánica. La sangre cruda del animal tiene una DBO<sub>5</sub> de 200 000 mg/L. La eliminación de sangre del efluente es la medida correctora más importante para disminuir la contaminación de las aguas residuales de los mataderos; en el área de **Escaldado (porcino):** las aguas residuales que se originan incluyen grasas, sólidos en suspensión, proteínas, sangre, excrementos y otros compuestos orgánicos; en el área de **Depilado (porcino):** Las aguas residuales provienen del agua caliente que se emplea en la máquina depiladora. Esta agua lleva restos de pelos, incrementando por lo tanto la cantidad de materia orgánica; en el área de **Chamuscado (porcino):** En esta operación se van a generar aguas residuales con elevada carga orgánica (restos de pelos, escamas de piel, etc.); en el área de **Eviscerado y lavado:** Las aguas residuales proceden del lavado de las canales, arrastrando una elevada carga orgánica; en el área de **Triperías:** Las aguas residuales proceden del lavado de estómagos e intestinos, arrastrando una gran cantidad de materia orgánica (restos del

contenido digestivo, etc.) y grasas procedentes del raspado de la tripa al eliminar la capa de mucosa y serosa propia de los intestinos, así como el desengrasado de los estómagos. El agua del lavado de tripas posee una DBO5 de 80 000 mg/L.; en el área de **Lavado**: Las aguas residuales de esta operación son las más abundantes, y contienen sustancias orgánicas y grasas, así como restos de agentes detergentes y desinfectantes. El consumo estimado de agua para la limpieza de los locales de faenado es de 5 L/m<sup>2</sup> y día. Estos valores serán diferentes en función de la periodicidad del sistema de lavado, de los sistemas de filtrado para la separación de los sólidos, del tipo de ganado sacrificado, si se realiza o no el vaciado y limpieza de tripas y estómagos, etc (p.22).

#### **4.1.5.2 Concepto de aguas residuales.**

Romero (como se citó en D´Alessandri, 2012) sostiene que el agua residual:

Se define como toda agua usada y los sólidos que debido a diferentes medios se introducen en las cloacas y son transportados por un sistema de alcantarillado. Existen tres tipos de aguas residuales que se clasifican según su procedencia como aguas residuales domésticas, municipales o industriales (p. 8).

MAE (2016) afirma que. “El agua residual es el agua de composición 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. 2).

#### **4.1.5.3 Consecuencias de las aguas residuales.**

Ocio Ultimate Magazine (2016) afirma que entre las múltiples consecuencias derivadas de la contaminación que el hombre propone al agua de lagos, ríos y mares, podemos destacar:

Desaparición de vida marina y destrucción de ecosistemas acuáticos, debido a la extrema toxicidad de los desechos industriales. Generación de enfermedades en la población humana, como hepatitis, cólera y disentería. Efectos nocivos en el desarrollo de las especies en base a la debilitación de su sistema inmunológico, su mal prospecto de supervivencia y las dificultades en reproducción, además de enfermedades mortales como cáncer. Filtraciones de napas subterráneas, contaminación del agua dulce de consumo humano imposibilitando su utilización, por ende, disminución en las actividades de recreo, la producción de materia prima alimenticia, etc. Fuerte repercusión por envenenamiento en especies pertenecientes a otros ecosistemas, debido al consumo del agua o por la falta total de ella. Características de las aguas residuales (párr. 1-3).

## **4.2 Características de las aguas residuales**

### **4.2.1 Físicas.**

#### **4.2.1.1 Sólidos totales.**

Metcalf y Eddy (como se citó en Romero, 2012) define a los sólidos totales: Como la materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105°C. Los sólidos totales comprenden todo el material, orgánico e inorgánico, que no se evapora a dicha temperatura. Los sólidos totales o residuos de evaporación además se clasifican en filtrables (disueltos) y o no filtrables (sólidos en suspensión) (p. 11).

#### **4.2.1.2 Olor.**

Gómez (2008) establece:

Los olores en un desecho son debido a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica. Los desechos frescos tienen un olor distintivo, algo desagradable, menos molesto que los olores sépticos de los

desechos. El olor característico de un desecho es debido al sulfuro de hidrógeno producido por los microorganismos anaeróbicos, los cuales reducen los sulfatos a sulfuro. Las aguas de desecho industrial pueden contener compuestos olorosos o que producen olor en el proceso de tratamiento de desechos (p. 7).

#### **4.2.1.3 Temperatura.**

Cubillos (2006) establece que:

La temperatura varía de un lugar a otro y durante las horas del día y épocas del año. En el trópico puede variar entre 15 y 26°C para desechos domésticos. El aumento de temperatura acelera la descomposición de la materia orgánica, aumenta el consumo de oxígeno para la oxidación y disminuye la solubilidad del oxígeno y otros gases (p. 6)

D'Alessandri (2012) afirma. "La temperatura del agua es un parámetro importante que incide sobre el desarrollo de la vida acuática y las reacciones químicas y velocidades de reacción. Además, la solubilidad del oxígeno disminuye con la temperatura del agua" (p. 12).

#### **4.2.1.4 Turbiedad.**

Gómez (2008) establece:

El término turbiedad se aplica a aguas que contienen materia suspendida, que interfieren en el paso de la luz a través del agua. La turbiedad es causada por una amplia variedad de materia suspendida, que varía del tamaño de coloidal a dispersiones ordinarias. La materia coloidal absorbe o dispersa la luz, evitando su transmisión (p. 7).

#### **4.2.1.5 Color.**

Luna (1987) menciona:

El agua residual reciente suele ser gris; sin embargo, a medida que los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto se reduce a cero y el color del agua residual cambia a negro. En esta condición, se dice que el agua residual es séptica. Algunas aguas residuales de tipo industrial añaden color al agua residual domestica (p.10).

#### **4.2.2 Químicas.**

##### **4.2.2.1 Materia orgánica.**

Gómez (2008) afirma:

Son compuestos cuya estructura química está compuesta fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno además del nitrógeno que pueden estar presentes en algunos casos. Otros elementos importantes son el azufre y fósforo, también se presentan frecuentemente en las aguas residuales. Las principales sustancias orgánicas que pueden aparecer en las aguas residuales son: Proteínas (40 a 60%), Carbohidratos (25 a 50%), Aceites y grasas (10%) (p.8).

##### **4.2.2.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).**

D'Alessandri (2012) define:

La DBO es una medida del oxígeno requerido por organismos vivos para degradar la materia orgánica presente en el agua a través procesos bioquímicos. Grandes moléculas de carbono son descompuestas por bacterias cuyo medio de vida es el agua residual, el oxígeno es requerido en el proceso de convertir largas cadenas de carbono en pequeñas moléculas y eventualmente en dióxido de carbono y agua. La medición del DBO se realiza

por metodos que miden la cantidad de oxigeno consumido durante 5 o 7 dias en medios anóxidos.

Asi como tambien Araiza (1987) establece:

El parametro mas utilizado y que se aplica aplica mas a aguas residuales y superficiales es la DBO a los 5 dias ( $DBO_5$ ). Esta determinación, supone la medida del oxigeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidacion bioquimica de materia organica. Este parametro se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxigeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia organica presente (p.6).

#### **4.2.2.3 Demanda química de oxigeno (DQO).**

D'Alessandri (2012) afirma. "La DQO mide la cantidad de oxígeno equivalente necesario para oxidar químicamente la materia orgánica presente en el agua. El agente oxidante que comúnmente se utiliza es el dicromato de potasio en un medio ácido y a altas temperaturas" (p.13).

#### **4.2.2.4 Fosforo.**

D'Alessandri (2012) menciona:

Es un parámetro de control esencial en tratamiento de aguas ya que es importante para el crecimiento de protistas y plantas. Concentraciones no controladas de fósforo causan crecimientos indeseables de algas y microorganismos en aguas superficiales, por esto es de interés removerlo de las aguas residuales. Los orto fosfatos son una forma usual de fosforo presente en las aguas residuales la cual es apta para el metabolismo biológico (p.14)



#### **4.2.2.5 Nitrógeno.**

D'Alessandri (2012) afirma:

Es un elemento esencial para el crecimiento de protistas y plantas. En aguas residuales se controlan generalmente las formas de nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos. Los datos del nitrógeno son necesarios para evaluar la tratabilidad de las aguas residuales por tratamientos biológicos; un agua residual con un contenido insuficiente de nitrógeno puede requerir la adición del mismo para promover el crecimiento biológico y mejorar el tratamiento del agua (p.14).

#### **4.2.2.6 Sulfatos.**

Romero (como se citó en (D'Alessandri, 2012) afirma:

Los sulfatos se encuentran comúnmente en las aguas residuales, se requieren para la síntesis de proteínas y se liberan en su descomposición. En los digestores de lodos los sulfatos son reducidos a sulfuros y el proceso biológico se deteriora si la concentración de sulfuro es mayor a 200 ppm. La presencia de sulfatos en aguas residuales es determinada por la reacción entre estos iones y reactivos de bario, produciendo la precipitación de sulfato de bario. La turbidez en el ensayo depende de la concentración de iones sulfatos, este método analítico requiere de mediciones colorimétricas a 450nm (p.15).

#### **4.2.2.7 Cloruros.**

Romero (como se citó en D'Alessandri, 2012) menciona:

Los cloruros presentes en el agua residual son debido a su uso como biocida. Aunque en los tratamientos convencionales no se reducen, interfieren en el ensayo del DBO y su determinación sirve para controlar la polución marina y la tasa de bombeo acuífero costero. Los cloruros en concentraciones mayores a 15000 ppm son considerados tóxicos para el tratamiento biológico

convencional. Para el análisis de los cloruros en agua residual, se titula con nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), usando como indicador cromato de potasio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ). El cloruro de plata precipita cuantitativamente primero, al terminarse los cloruros, el  $\text{AgNO}_3$  reacciona con el  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  formando un precipitado rojo ladrillo de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  (p.15-16).

#### **4.2.2.8 Carbón Orgánico Total (COT).**

Gómez (2008) afirma:

Este método consiste en determinar la cantidad de carbono biodegradable en una muestra de las aguas residuales, esta determinación se realiza con un aparato especial obteniendo un resultado efectivo y rápido. Las experiencias que se han realizado hasta el momento no permiten establecer una correlación entre los parámetros antes mencionados para medir la materia orgánica putrescible (p.10).

#### **4.2.2.9 pH.**

Gómez (2008) establece: "La concentración de ion hidrogeno es un parámetro importante de la calidad de las aguas naturales y de desecho. Las aguas de desecho con concentraciones adversas de ion hidrogeno son difíciles de tratar por medio biológicos" (p.11).

#### **4.2.2.10 Azufre.**

Gómez (2008) afirma: "Los sulfatos son componentes naturales de las fuentes de suministro de agua y de las algas de desecho domésticos. El azufre se emplea en la síntesis de proteínas y se elimina en su degradación" (p.11).

### **4.2.3 Biológicas.**

#### **4.2.3.1 Bacterias.**

De acuerdo con Luna (1987):

Las bacterias son protistas unicelulares. Consumen alimentos solubles, por lo que se encuentran en donde estén estos y exista humedad. Su modo habitual de reproducción es por escisión binaria, aunque algunas especies se reproducen sexualmente. Su forma general puede ser esférica, cilíndrica o helicoidal (p.15).

#### **4.2.3.2 Hongos.**

Luna (1987) establece:

Son protistas heterótrofos, no fotosintéticos y multicelulares. La mayoría de los hongos son aerobios estrictos, pueden crecer con muy poca humedad y toleran un medio ambiente con ph relativamente bajo, desarrollándose en un intervalo de 2 a 9. La capacidad de los hongos para sobrevivir a ph bajos y poco nitrógeno les hace muy importantes en el tratamiento de aguas residuales (p.23).

#### **4.2.3.3 Algas.**

Luna (1987) afirma: "Son protistas unicelulares o multicelulares, autótrofas y fotosintéticas. En los estanques de oxidación, las algas son un valioso elemento porque producen oxígeno a través del mecanismo de la fotosíntesis" (p.23).

#### **4.2.3.4 Protozoarios.**

De acuerdo con Luna (1987):

Son protistas móviles, microscópicos, y por lo general, unicelulares. La mayoría de los protozoarios son heterótrofos aerobios, de una magnitud

mayor que las bacterias y suelen alimentarse de ellas, por lo que actúan como purificadores de los efluentes en procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales al consumir bacterias y partículas orgánicas (p.24).

#### **4.2.3.5 Rotíferos.**

Luna (1987) menciona:

Son animales aerobios, heterótrofos y multicelulares. Su nombre procede del hecho de que tienen dos juegos de pestañas giratorias sobre la cabeza que utilizan para su movimiento y captura de alimentos. Son muy eficaces al consumir bacterias dispersas y floculadas, así como pequeñas partículas de materia orgánica. Su presencia en un efluente indica un proceso de purificación biológica aerobio muy eficiente (p.24).

#### **4.2.3.6 Crustáceos.**

Luna (1987) afirma:

También son animales aerobios, heterótrofos y multicelulares, pero tienen un cuerpo duro o coraza. Excepto en los estanques de oxidación con poca carga, donde a veces se detecta su presencia, los crustáceos no existen en los sistemas de tratamiento biológico en cantidades apreciables. Su presencia indica que el efluente está bajo de materia orgánica y que es rico en oxígeno disuelto (p.24).

#### **4.2.3.7 Virus.**

De acuerdo con Luna (1987):

Es la pequeña estructura biológica que contiene toda la información necesaria para su propia reproducción. Son parásitos obligados y como tales, necesitan de alguien de quien poder vivir. Una vez que lo tienen, producen nuevos virus y eventualmente las células de huésped se rompen liberando nuevas partículas de virus, que pueden infectar nuevas células. Muchos virus que

producen enfermedades al hombre son excretados en las heces humanas. Por lo tanto, en el tratamiento de las aguas residuales domésticas, estos virus deben ser controlados (p.25).

#### **4.2.3.8 Coliformes**

Luna (1987) establece: “Para evaluar más ampliamente la calidad bacteriológica del agua se determina la presencia o ausencia de organismos Coliformes. Los organismos patógenos están dentro del grupo de los Coliformes, pero no todos los Coliformes son patógenos” (p.25).

### **4.3 Definición de matadero bajo inspección oficial (MABIO)**

La Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD, 2013) define como: “Sitio o lugar donde personas naturales o jurídicas desarrollan actividades: de faena, desposte y/o despiece de animales para abasto, que han cumplido los requisitos y condiciones sanitarias” (p.7)

#### **4.3.1 Clases de camales o mataderos.**

De acuerdo con AGROCALIDAD (2013) expresa las siguientes clases de mataderos:

**a) Públicos**, que son aquellos operados por Entidades de derecho público o de derecho privado con finalidad social o pública.

**b) Privados**, aquellos que están a cargo de personas naturales o jurídicas de derecho privado.

**c) Mixtos**, que son aquellos en los que participan entidades de derecho público o de derecho privado con finalidad social o pública y personas naturales o jurídicas de derecho privado (p.9)

## 4.4 La Fitorremediación

### 4.4.1 Conceptualización.

Agudelo, Macías y Suarez (2005) afirman:

La fitorremediación es un proceso que utiliza plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos y sedimentos, y puede aplicarse tanto in situ como ex situ. Los mecanismos de fitorremediación incluyen la rizodegradación, la fitoextracción, la fitodegradación y la fitoestabilización (p. 59).

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

Ventajas	Desventajas
1. Es una tecnología sustentable.	1.El crecimiento de las plantas está limitado por concentraciones toxicas de contaminantes, por lo tanto, es aplicable a ambientes con concentraciones bajas de contaminantes
2. Es eficiente tanto para contaminantes orgánicos como inorgánicos.	2. En el caso de la fitovolatilización, los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente.
3. No requiere personal especializado para su manejo.	3. Se requieren áreas relativamente grandes.
4. No requiere consumo de energía.	4. En sistemas acuáticos se puede favorecer la diseminación de plagas, tales como los mosquitos.

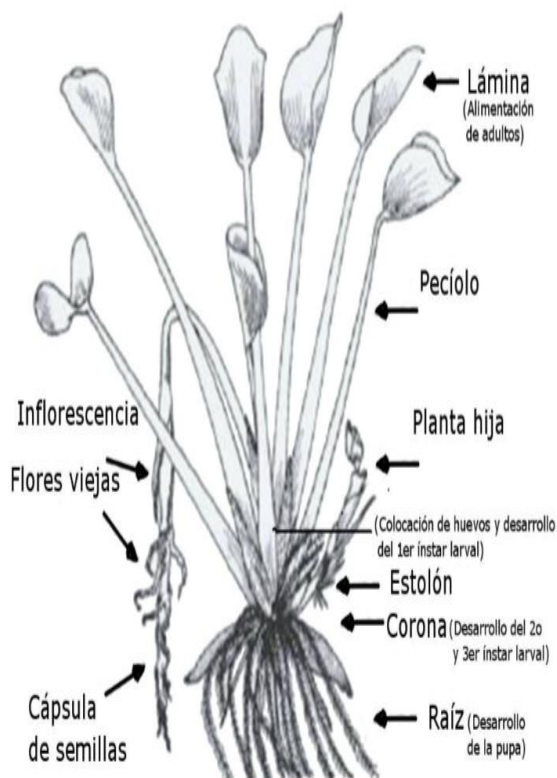
Fuente: Delgadillo, Gonzáles, Prieto, Villagómez y Acevedo (2011) (p.605).

#### 4.4.2 Especies con potencial fitorremediador.

##### 4.4.2.1 *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.

###### 4.4.2.1.1 Taxonomía.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Commelinales
Familia	Pontederiaceae
Genero	<i>Eichhornia</i>
Especie	<i>crassipes</i>
Nombre Científico	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms
Nombre Vulgar	Jacinto de agua



**Fotografía 1.** *Morfología de (Eichhornia Crassipes).*

Fuente: Martínez (2011) (p.5).

#### 4.4.2.1.2 Descripción.

Elorza, Sánchez y Sobrino (2004) describen:

Hidrófito flotante herbáceo, provisto de abundantes estolones que emiten raíces fasciculadas en los nudos, hojas dispuestas en rosetas, con los peciolo ensanchados en forma de balón relleno de aire para facilitar la flotación y los limbos de suborbiculares a anchamente elípticos, de hasta 15 x 15 cm. Inflorescencias en espigas terminales con 10-30 unidades, sostenidas por un robusto pedúnculo con espata cuya base suele estar rodeada por una pequeña hoja dilatada. Flores de color malva o lila. Periantio ligeramente bilabiado, de 4-6 cm de longitud y anchura. Androceo con 6 estambres, los tres superiores incluidos en el periantio y los 3 inferiores exertos. Anteras oblongas, basifijas. Filamentos irregularmente soldados al



periantio. Ovario trilocular. Fruto en cápsula membranosa, con tres lóculos y numerosas semillas (3-450) en su interior (p.160).

#### *4.4.2.1.3 Hábitat.*

Robles y Madsen (2009) describen:

El Jacinto de agua habita en cuerpos de agua dulce como lo son: ríos, lagos, charcas y embalses de los trópicos y subtropicos localizados a latitudes no mayores de 40°N y 45°S. Temperaturas menores de 0°C afectan su crecimiento al igual que alta salinidad. Sin embargo, cuerpos de agua eutroficados que contienen niveles altos de nitrógeno, fosforo, potasio al igual que aguas contaminada con metales pesados como cobre y plomo no limitan su crecimiento. El jacinto de agua puede anclarse y enraizar en suelos saturados de agua por un corto periodo de tiempo (p.2).

#### *4.4.2.1.4 Usos.*

López (2012) afirma:

Es utilizada como planta purificadora de aguas contaminadas, ya que tiene la capacidad de absorber metales pesados y otros contaminantes, proporcionando una mejor calidad de agua, la misma que puede ser utilizada para el riego de sembríos. También es empleada como criadora de pulga de agua y otros crustáceos. En estanques es muy apreciada y los aficionados sofisticados la emplean para cebar acuarios de cría, conservándola durante el invierno en recipientes de buena superficie a temperatura fresca, 16-17°C y en lugares con tenue iluminación (p.49)

#### *4.4.2.1.5 Mecanismo de dispersión.*

Elorza et al. (2004) mencionan:

Se reproduce activamente tanto por semilla como asexualmente (estolones, fragmentación de plantas). Parece que puede ser dispersada por las aves.

Cuando las condiciones son adecuadas es capaz de duplicar su población cada cinco días. Las semillas pueden conservar su capacidad germinativa entre 5 y 20 años. La iluminación alta y las oscilaciones de temperatura favorecen la germinación. Las plantas colonizan rápidamente nuevos hábitats al ser transportadas por el agua o por las aves (semillas), pero sobre todo por la actividad humana (escapada de acuarios, embarcaciones, etc.). Una sola planta es capaz de provocar la invasión completa de un lago. Necesita temperaturas cálidas (óptimo entre 15 y 30 °C), no soportando las inferiores a -2 °C, así como exposiciones a pleno sol. Resiste ciertos niveles de polución, por lo que se ha utilizado con éxito para depurar aguas contaminadas (metales pesados). Tolera pH comprendido entre 5,5 y 9 (p.160-161).

#### *4.4.2.1.6 Potencial fitorremediador.*

Benítez, Calero, Peña y Martín (2011) afirman:

El Jacinto de agua bajo condiciones de pH neutro y medios de exposición de 90 mg/L de Cr, acumuló cantidades significativas del metal, hasta de 67.3 mg Cr/g de biomasa seca, un valor específicamente alto respecto a los reportados en la literatura con la misma planta y el mismo metal. La concentración de Cr acumulado aumentó en el rango de 30 a 90 mg/L con relación a la concentración inicial a la que se expuso *E. crassipes* y a su vez, presentó una acumulación máxima a las 24 h de observación. Aunque la dinámica de acumulación en tallos, hojas y raíces es posible que cambie con respecto al tiempo, la cantidad de Cr acumulado en tallos y hojas luego de 360 h de exposición es estadísticamente igual al Cr acumulado en la raíz, siendo en esta parte de la planta donde ocurre la mayor acumulación inicial la cual se distribuye posteriormente (Párr. 22).

#### 4.4.2.2 *Lemna mino (L.) Griff.*

##### 4.4.2.2.1 *Taxonomía.*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Arales
Familia	Lemnaceae
Genero	<i>Lemna</i>
Especie	<i>minor</i>
Nombre Científico	<i>Lemna minor</i> (L.) Griff.
Nombre Vulgar	Lenteja de agua

##### 4.4.2.2.2 *Descripción.*

Arroyave (2004) describe:

*Lemna minor* es una planta angiosperma (planta con flores), monocotiledónea, perteneciente a la familia Lemnaceae. Su cuerpo vegetativo corresponde a una forma taloide, es decir, en la que no se diferencian el tallo y las hojas. Consiste en una estructura plana y verde y una sola raíz delgada de color blanco. Su tamaño es muy reducido, alcanzando de 2 a 4 mm de longitud y 2 mm de ancho. Es una de las especies de angiospermas más pequeñas que existen en el reino de las plantas. La lenteja de agua es una planta monoica, con flores unisexuales. Las flores masculinas están constituidas por un solo estambre y las flores femeninas consisten en un pistilo formado por un solo carpelo. El periantio está ausente. Las flores nacen de una hendidura ubicada en el borde de la hoja, dentro de una bráctea denominada espata, muy común en las especies del orden arales. El fruto contiene de 1 a 4 semillas, puede desarrollarse en un rango amplio de

temperaturas, que varía entre 5° y 30°C, con un crecimiento óptimo entre los 15° y 18°C. Se adapta bien a cualquier condición de iluminación. Crece rápidamente en partes calmadas y ricas en nutrientes, con altos niveles de nitrógeno y fosfatos. Con frecuencia el hierro es un elemento limitante para su adecuado desarrollo. Pueden además tolerar un rango de pH amplio, siendo el óptimo entre 4,5 y 7,5 (p.34-35).

#### *4.4.2.2.3 Usos.*

Arroyave, (2004) establece:

Las macrofitas acuáticas han sido consideradas por varios autores como una plaga debido a su rápido crecimiento, ya que en ocasiones llegan a invadir lagunas, represas, canales de riego y generan varios problemas, al interrumpir el flujo del agua, propiciar eutroficación y crear ambientes para la crianza de vectores de enfermedades. Sin embargo, si las plantas acuáticas se manejan adecuadamente, su poder de proliferación, capacidad de absorción de nutrientes y bioacumulación de contaminantes del agua las convierten en una herramienta útil en el tratamiento de aguas residuales. Además, con base en los estudios de remoción de compuestos tóxicos por plantas acuáticas, se pueden considerar estos sistemas de tratamiento como una alternativa ecológica y económicamente viable, tanto para el tratamiento de los efluentes municipales domésticos como industriales (p.36).

#### *4.4.2.2.4 Distribución geográfica.*

(Arroyave, 2004) afirma:

Es una planta con distribución universal. Se ha encontrado en varias regiones de los hemisferios norte y sur, incluyendo América, Europa, Asia, Australia y Nueva Zelanda. Se encuentra principalmente en charcos de agua dulce, ciénagas, lagos y ríos calmados. Es una planta acuática flotante de rápido crecimiento y de amplia distribución tropical y subtropical, que se desarrolla principalmente en lagunas (p.34-35).

#### *4.4.2.2.5 Reproducción.*

Arroyave (2004) establece:

La forma más común de reproducción es la asexual por gemación. En los bordes basales se desarrolla una yema pequeña que origina una planta nueva que se separa de la planta progenitora. Sin embargo, es común encontrar las plantas agregadas formando grupos de 2 a 4 individuos (p.34).

#### *4.4.2.2.6 Potencial fitorremediador.*

Zayed, Gowthaman y Terry (1998):

Investigo el potencial de la lenteja de agua para acumular cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y selenio. Los resultados demostraron que, en condiciones experimentales de laboratorio, la planta resulto ser un buen acumulador de Cd, Se y Cu, un acumulador moderado de Cr y pobre acumulador de Ni y Pb. Las concentraciones más altas de cada elemento acumulada en los tejidos de la lenteja de agua fueron 13,3 g Cd / kg, 4,27 g Se / kg, 3,36 g Cu / kg, 2,87 g Cr / kg, 1,79 g Ni / kg y 0,63 g Pb / kg. Se concluye en el estudio que la lenteja de agua tiene un buen potencial para la remoción de cadmio, selenio y cobre de aguas residuales contaminadas con estos elementos, ya que puede acumular concentraciones altas de ellos. Su rápido crecimiento la hace una planta apropiada para actividades de fitorremediación (p.36).

## **4.5 Investigaciones desarrolladas en la temática**

### **4.5.1 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.**

Poveda (2014) describe:

La presente investigación se realizó en dos fases, en la primera fase se utilizó cinco especies de vegetales (Helecho acuático” o “Azolla” (Azolla spp.); Lenteja de agua (Lemna spp.);Salvinia (Salvinia spp.); “Jacinto de agua” o “Lechuguín” (Eichhornia crassipes);Trébol de agua (Limnobia laevigatum) las cuales se introdujeron en unidades experimentales separados y se realizó un seguimiento con el conteo de hojas verdes durante 6 semanas para determinar el porcentaje de incidencia de las muestras de agua residual en las especies. La segunda fase consistió en escoger las dos especies con mayor porcentaje de incidencia que resultaron de la primera fase (“Jacinto de agua” o “Lechuguín” (Eichhornia crassipes); y Lenteja de agua (Lemna spp) y colocarlos en recipientes de plástico Tereftalato de polietileno (PET) de 20 litros que contenía agua potable y se hizo un seguimiento durante 30 días donde se registraron aumentos de biomasa, PH y conductividad eléctrica. Los resultados obtenidos de la presente investigación nos dicen que la especie de Jacinto de agua” o “Lechuguín” (Eichhornia crassipes) es la mejor opción para remediar aguas residuales con métodos biológicos (p. 83).

### **4.5.2 Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Lemna minor* (lenteja de agua), y *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera.**

Jaramillo y Flores (2012) establecen:

El presente proyecto se realizó en tres fases durante 15 días: la primera se denominó fase de adaptación que duró 3 días, donde registró el PH y la

conductividad eléctrica, la segunda fase denominada de nutrición donde se añadió fertilizante acuático con un tiempo de 5 días y la tercera fase llamada fase de intoxicación con un tiempo de 7 días. Para el proceso investigativo se construyeron 12 recipientes de vidrio de 30 cm de alto, ancho y profundidad en los cuales se colocó grava, con un volumen de agua potable de 9 litros, más 1 litro de disolución de Hg que se colocó en la fase de intoxicación, donde el agua permanecía inmóvil. Debido a que el experimento estuvo expuesto a condiciones ambientales, y se observó disminución del volumen de la disolución, se colocó otro recipiente con las mismas condiciones ya mencionadas anteriormente, pero sin las especies vegetales. Luego de los 15 días se procedió a recoger muestras de cada uno de los 12 recipientes para medir la concentración de mercurio, el DBO5 y DQO y con los resultados obtenidos en el laboratorio se realizó un análisis se concluyó que la especie de *Eichhornia crassipes* presentó un porcentaje de 28% de absorción de mercurio (Hg), y la especie de *Lemna minor*, L presento un porcentaje de 26 a 27% de absorción de Hg (p.65, 66).

#### **4.5.3 Bioensayo con macrofitas acuáticas para el tratamiento de lixiviados procedentes del relleno sanitario de Pichacay.**

Carrión y Cuenca (2008) estipulan:

El presente estudio se realizó en los predios pertenecientes a la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC); ubicados en el sector de Pichacay de la parroquia Santa Ana. El trabajo se realizó entre los meses de marzo a junio del 2008 razón por la cual la elevada pluviosidad mantenía elevada la humedad ambiental y la evapotranspiración fue baja, así como la evaporación del agua usada en los tratamientos. Las unidades experimentales la constituyeron tanques metálicos de 55 galones divididos longitudinalmente, con lo cual la capacidad máxima es de 27,5 galones.

Estas unidades se colocaron en un espacio techado con plástico de invernadero de una superficie total de 14 x 8 metros (112m<sup>2</sup>). Con la cubierta evitamos que las condiciones climáticas interfirieran en el estudio y con la transparencia del plástico se permite a las plantas el normal desempeño fisiológico.

Las especies utilizadas en el trabajo fueron tres macrofitas acuáticas con capacidad de biodepuración de agua. El jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) fue colectado del sector de "La Josefina", Berro (*Nasturtium officinale*) colectado del sector Yanaturo de la parte posterior del vivero de la EMAC y Elodea (*Elodea densa*) se extrajo del estanque ubicado en el parque Quetzal en el sector el arenal. Estas especies fueron llevadas y sembradas en las unidades experimentales tres semanas antes de adicionar el lixiviado en agua para que tenga un tiempo de adaptación. Para conocer la respuesta de las especies de macrofitas a la presencia de lixiviados se dividió el trabajo en dos fases.

#### **Fase a) Respuesta de las especies a diferentes concentraciones de lixiviados disueltos en el agua**

Se colocaron diferentes concentraciones de lixiviados para determinar la tolerancia de las especies y la respuesta de las mismas a la solución. Cada especie se sometió a un gradiente de concentraciones de lixiviado:

**Testigo:** (0%)

**T1:** (0,5%)

**T2:** (2%)

**T3:** (5%)

**T4:** (10%)



La dilución se efectuó en 60 litros de agua, colocando 0; 1, 2, 3 y 6 litros de lixiviado, respectivamente. Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento. El total de unidades experimentales fue de 45.

### **Fase b) Remoción de contaminantes presentes en el lixiviado disuelto en las unidades experimentales**

Esta fase de trabajo conto con 12 unidades experimentales en las que se colocó una concentración de lixiviados de 12% del agua, debido al adecuado desarrollo de todas las especies en esta concentración registrado en la fase a). en cada tanque se colocaron 60 litros de agua y 1,2 litros de lixiviado, el mismo lixiviado que se colocó en los tanques se llevó a laboratorio para conocer la carga exacta de contaminantes aportados en las diferentes especies. Por cada especie se realizaron cuatro repeticiones teniendo un total de 12 unidades experimentales, las mismas que fueron colocadas al azar dentro de un espacio de 12m<sup>2</sup>.

Las muestras para los análisis se realizaron durante un mes (a los 8, 15 y 30 días) para conocer la capacidad de depuración de las diferentes especies y la respuesta con el transcurrir del tiempo, el agua de cada unidad experimental se analizó individualmente en el laboratorio de ETAPA (Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y alcantarillado) ubicados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Cuenca. Para la comparación estadística de los resultados obtenidos por las tres especies se utilizaron los análisis realizados a los 30 días del tratamiento y se sometieron al análisis estadístico mediante la prueba de Scheffe, luego de un mes de la aplicación se procedió a evaluar las plantas de las diferentes especies y en las distintas concentraciones de lixiviado.

En este caso únicamente se presenta de esta investigación los resultados de: Evaluación de crecimiento de la especie jacinto de agua a diferentes concentraciones de lixiviado y los análisis de laboratorio sobre la depuración del lixiviado en dilución del 2%, los demás resultados se pueden observar en el siguiente cuadro.

**Cuadro 1.** Evaluación del crecimiento de la especie jacinto de agua a diferentes concentraciones de lixiviado.

TRATAMIENTOS	DESARROLLO FOLIAR	DESARROLLO RADICULAR
Testigo	Planta madre con 3 hijuelos, hojas bastante bajas no muy verdes	Raíces color negro-lila, 25 cm de largo
0,5%	Plantas madres con 3 hijuelos, hojas bastante bajas no muy verdes	Raíces color negro-lila, 40 cm de largo
2%	Plantas madres con 4 hijuelos, hojas largas no muy verdes	Raíces largas y frondosas de coloración marrón de 60 cm de largo.
5%	Plantas madres con 4 hijuelos, hojas largas verdes intensas	Raíces largas y frondosas de coloración marrón de 45 cm de largo
10%	Plantas madres con muchos hijuelos (hasta 10). Mayor cantidad de hojas más bajas y verdes intensas	Raíces largas y frondosas de coloración negra de 50 cm de largo.

### **Resultados de los análisis de laboratorio sobre la depuración del lixiviado en dilución del 2% con la especie jacinto de agua, realizada por Carrión y Cuenca**

Para determinar la capacidad depurativa de las diferentes especies de macrofitas acuáticas estudiadas se realizó una dilución del 2% ya que en el análisis cualitativo se observaron los mejores resultados de desarrollo y tolerancia al lixiviado en este tratamiento. Para iniciar el trabajo se analizó el lixiviado que fue colocado en disolución en los tanques de tratamiento. A partir del análisis se

calcularon los valores de los compuestos en la disolución, como se observa a continuación:

**Cuadro 2.** Determinación de los distintos parámetros presentes en el lixiviado analizado y el cálculo de los valores en disolución

<b>Análisis del lixiviado de partida</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Análisis</b>	<b>Disolución</b>
DBO5	Mg/l	9400	188
NTK	Mg/l	1629,93	32,59
Fósforo total	Mg/l	34,88	0,69
Conductividad	uS/cm	20400	408
Plomo inicial	Ug/l	128,7	2,570
Cadmio inicial	Ug/l	9,9	0,198
pH		7,66	7,66

**Cuadro 3.** Resultados de la depuración de los siguientes parámetros por la especie jacinto de agua a los 8, 15 y 30 días.

Parámetro	jacinto de agua ( <i>Eichhornia Crassipes</i> )					
	8 días	% 8 días	15 días	% 15 días	30 días	% 30 días
DBO5 (mg/l)	62,25	33,1	17,25	9,2	5,25	2,8
NKT (mg/l)	11,8	36,1	6,4	19,8	3,0	9,2
Fosforo T. (mg/l)	0,35	50,7	0,455	65,9	0,24	34,8
Conductividad (uS/cm)	396,5	97,2	335	81,9	291,25	71,4
pH	6,63		6,60		6,52	
Cadmio inicial (Ug/l)					2,775	
Plomo inicial (Ug/l)					12,3	

## **4.6 Marco legal.**

### **4.6.1 Constitución de la república del Ecuador.**

Debido a la inexistencia de un sistema completo para el tratamiento de las aguas residuales generadas en el camal, mismas que son vertidas hacia el río Zamora, afectando a la población aledaña se incumplen los siguientes artículos establecidos en la Constitución de la República del Ecuador (2008), ley máxima del estado ecuatoriano.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay.

Art. 15.- El estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

Art. 73.- El estado aplicara medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua.

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias de bajo impacto y que no pongan

en riesgo el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua (p.24, 52, 182).

#### **4.6.2 Ley orgánica de salud.**

En la actualidad el camal municipal de El Panguí descarga sus aguas residuales sin ningún tratamiento previo, hacia el río Zamora, violando así los siguientes artículos de la presente ley.

Art. 103.- Se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado, conforme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias. Las autoridades de salud, en coordinación, con los municipios, serán responsables de hacer cumplir estas disposiciones.

Art. 104.- Todo establecimiento industrial, comercial o de servicios, tiene la obligación de instalar sistemas de tratamiento de aguas contaminadas y de residuos tóxicos que se produzcan por efecto de sus actividades. Las autoridades de salud, en coordinación, con los municipios, serán responsables de hacer cumplir estas disposiciones (p.25-26).

#### **4.6.3 Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.**

Debido a la falta de un completo sistema para el tratamiento de las aguas residuales generadas por el camal municipal, y la fiscalización por parte del organismo competente se incumple los siguientes artículos:

Art. 79.- Objetivos de prevención y conservación del agua.- La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

a) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas; b) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y cuando estén degradados disponer su restauración; e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua.

Art. 80.- Vertidos: prohibiciones y control.

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. La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados. Es responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales el tratamiento de las aguas servidas y desechos sólidos, para evitar la contaminación de las aguas de conformidad con la ley (p.18).

**Tabla 2.** Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
<b>Aceites y Grasas.</b>	Sustancias solubles en hexano	mg/l	30,0
<b>Cloruros</b>	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000

---

<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)</b>	D.B.O <sub>5</sub>	mg/l	100
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	Mg/l	200
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>		mg/l	100
<b>Sulfatos</b>	SO <sub>4</sub>	mg/l	1000

---

Fuente: (MAE, 2016, p. 24).

## 5 MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Materiales

#### 5.1.1 Materiales de campo.

- Herramientas: barreta, nivel, lampa, serrucho.
- Materiales de instalación y construcción:
- Grifos pvc de 2"
- Adaptadores pvc de 2"
- Codos pvc de 2"
- Manguera de 2".
- Papel pH
- Termómetro
- GPS
- Etiquetas
- Cadena de custodia
- Cronometro
- Cámara fotográfica
- Guantes
- Libreta y hojas de registro

#### 5.1.2 Materiales de oficina.

- Computador
- Impresora
- Fuentes de información: Internet, libros y revistas



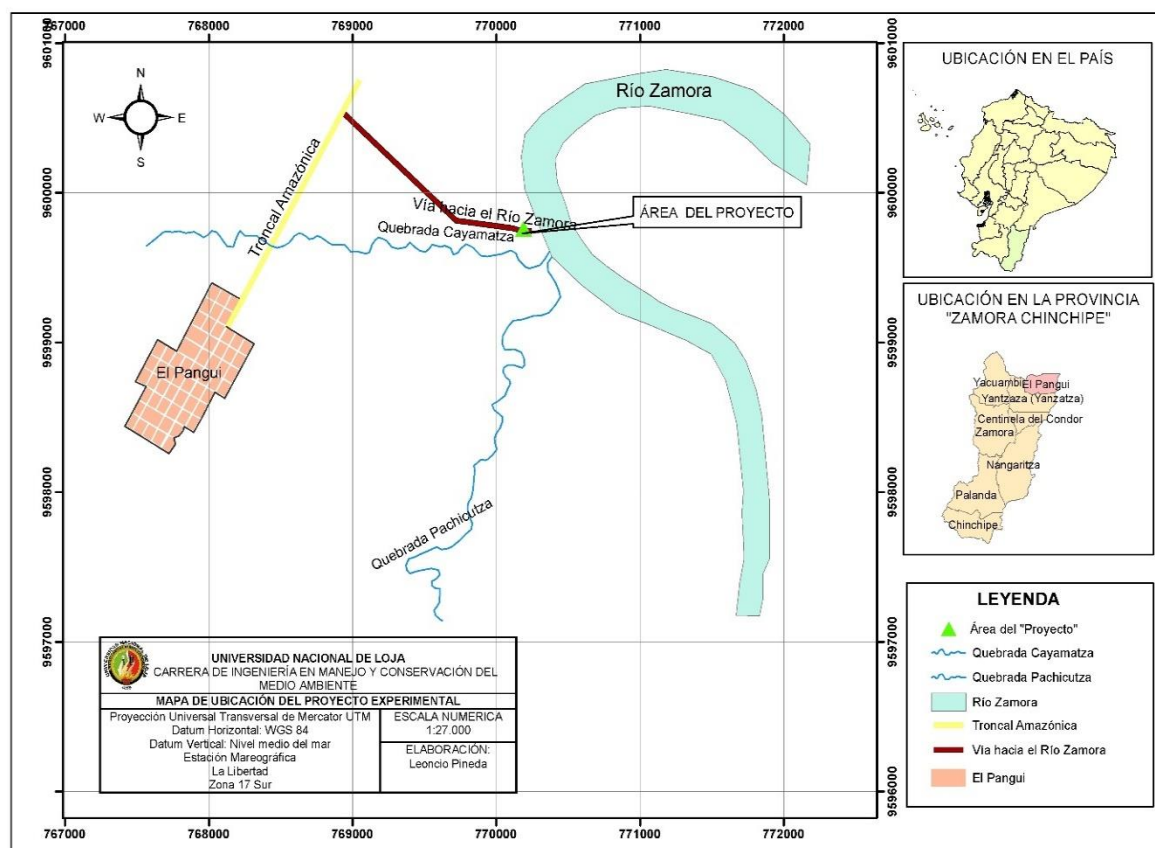
- Hojas de papel bond
- CDs
- USB

## 5.2 Métodos

### 5.2.1 Información referente al área de estudio.

#### 5.2.1.1 Ubicación política y geográfica del área de estudio.

La presente investigación se desarrolló junto a las instalaciones del camal municipal de El Pangui, el cual se encuentra ubicado en el barrio La Recta a 4km aproximadamente de El Pangui en las siguientes coordenadas UTM: X 770189, Y 9599759.



**Mapa 1.** Ubicación geográfica del área de estudio.

### **5.2.1.2 Aspectos biofísicos y climáticos.**

La información acerca de los aspectos biofísicos y climáticos fue obtenida del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón El Pangui.

#### **5.2.1.1.1 Geomorfología.**

La mayor parte de la población de El Pangui se encuentra asentada, junto a las orillas del río Zamora, el terreno en su mayor parte es plano con una pendiente promedio de 10%, el terreno es suficientemente elevado del nivel del río; y por consiguiente la evacuación de aguas de alcantarillas no constituye un problema porque se presenta una topografía adecuada para su circulación Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón El Pangui (GAD El Pangui, 2012, p.34).

#### **5.2.1.3 Clima.**

Holdridge lo clasifica dentro del bosque húmedo tropical (Bht). El clima es cálido y húmedo, una altitud que va desde los 748 msnm hasta los 2178 msnm, La temperatura media oscila entre los 20°C y 24°C. La humedad relativa es bastante alta (90%), pues es uno de los cantones con más alta pluviosidad (8 a 12 meses de precipitaciones medias anuales que oscila entre 1750 y 2050 mm) (GAD El Pangui, 2012, p.18).

#### **5.2.1.4 Suelo.**

En el sector predominan: Typic Distropepts (amarillos) y Paralitic Distropepts (Rojos) cuyas rocas madres pertenecen al sedimentario o granítico y que constituyen suelos inestables extremadamente pobres; especialmente en las pendientes mayores al 50%, en los valles encontramos suelos limosos pre-

húmedos de fertilidad baja y poseen bajo contenido de aluminio tóxico, los suelos contienen un pH ácido = 4 – 5,5. En los valles de los ríos: Zamora, Chuchumletza, son aptos para la agricultura. Los suelos de estas zonas son deficientes en nitrógeno fósforo y potasio. Como es característico de los suelos de la Amazonía la capa fértil, es decir, el suelo orgánico tiene el contenido de nutrientes variables, siendo la capa superficial de 10 cm de profundidad promedio (GAD El Pangui, 2012, p.30).

### **5.3 Tipo de investigación**

La presente investigación es de carácter experimental.

Enfoque: Cuantitativo

Alcance del estudio: Correlacional.

### **5.4 Variables de estudio**

#### **5.4.1 Variable independiente.**

Potencial fitorremediador de las especies.

#### **5.4.2 Variable dependiente.**

El grado de descontaminación de las aguas residuales en función de las especies empleadas.

#### **5.4.3 Tratamientos a evaluar.**

Los tratamientos que se emplearon para realizar la presente investigación son las especies vegetales *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. y *Lemna minor* (L.) Griff.

**Tratamiento 1:** *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.

**Tratamiento 2:** *Lemna minor* (L.) Griff.

## 5.5 Hipótesis

### 5.5.1 Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>).

La descontaminación del agua residual proveniente del camal municipal no dependerá del potencial fitorremediador de las especies *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. y *Lemna minor* (L.) Griff.

### 5.5.2 Hipótesis Alternativa (H<sub>1</sub>).

La descontaminación del agua residual proveniente del camal municipal dependerá del potencial fitorremediador de las especies *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. y *Lemna minor* (L.) Griff.

## 5.6 Metodología para el primer objetivo específico

Caracterizar las aguas residuales provenientes del camal ubicado en el Barrio la Recta Cantón El Panguí.

### 5.6.1 Recorrido de campo.

Mediante un recorrido de campo por todas las instalaciones del camal municipal se identificó:

- Actividades de faenamiento que se realizan.
- Áreas aptas para la construcción de los tratamientos a evaluar.

### **5.6.2 Entrevista.**

Se realizó una entrevista al técnico encargado del camal municipal con la finalidad de obtener información acerca del tratamiento de las aguas residuales generadas, del horario de faenamiento, número de animales que faenan diariamente.

### **5.6.3 Medición de caudal.**

La medición del caudal se realizó aplicando el método volumétrico. Según Rojas (2006, p.14) es necesario un recipiente de volumen conocido y un cronometro. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recogió en el recipiente entre el tiempo que transcurrió en llenarse dicho recipiente.

El caudal se obtiene mediante la siguiente formula:

$$Q= V/T$$

**Q=** Caudal (l/s)

**V=** Tiempo promedio de las repeticiones.

El resultado se lo expresa en l/s.

### **5.6.4 Medición de pH.**

Para realizar la medición del pH se recogió una cantidad de 3 litros del agua residual en un recipiente, luego se procedió a introducir el papel pH para la respectiva medición, determinando así la acides, neutralidad o alcalinidad de la misma.

### **5.6.5 Medición de temperatura.**

La medición de la temperatura se realizó de forma directa en el cuerpo receptor y en el caudal del agua residual (in situ), mediante el empleo de un termómetro especial para la medición de líquidos, se utilizó un recipiente de 2 litros en el que se recogió el agua residual, posteriormente se procedió a introducir un termómetro por un lapso de 10 segundos y se tomó nota de la temperatura que indica el termómetro, este mismo procedimiento se realizó para la tomar la temperatura del cuerpo receptor (río Zamora)

### **5.6.6 Identificación del lugar de muestreo.**

El lugar donde se realizó la toma de la muestra fue en la primera caja de revisión por donde pasa el agua residual hasta desembocar en el río Zamora.

### **5.6.7 Tipo y número de muestra.**

El tipo de muestreo que se realizó fue, muestreo simple.

### **5.6.8 Cantidad de muestra a tomar.**

Se tomó la cantidad de 2200 ml de aguas residual, cantidad requerida por el laboratorio GRUENTEC para analizar todos los parámetros.

### **5.6.9 Toma de la muestra.**

Para la toma de la muestra se introdujo el recipiente bien tapado dentro del flujo del agua residual, se procedió a destaparlo dentro del mismo y se llenó completamente de tal forma que no exista aire sobre la muestra, antes de extraer

el recipiente del flujo de agua residual se procedió a tapar completamente el recipiente.

#### **5.6.10 Etiquetado de la muestra.**

El etiquetado se realizará inmediatamente después de haber llenado el recipiente. Las muestras contarán con la siguiente información:

Nombre de quien tomó la muestra.

Número de muestra.

Fecha, hora y lugar de recolección. (ver anexo 1)

#### **5.6.11 Parámetros a medir.**

Los parámetros a medir según el Acuerdo Ministerial 028, reforma al libro VI del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente fueron:

##### ***5.6.11.1 Parámetros a medir ex - situ.***

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Sólidos Suspendidos Totales (SST)
- Grasas y aceites
- Cloruros
- Sulfatos

##### ***5.6.11.2 Parámetros a medir in - situ.***

- Caudal
- pH

- Temperatura

### 5.6.12 Transporte de las muestras.

La muestra se trasladó en un cooler hasta ser entregada al laboratorio GRUENTEC en la ciudad de Yantzaza, en un periodo de tiempo de 1/2 hora a partir de la toma de la misma.

### 5.6.13 Análisis de laboratorio.

Los análisis se realizaron en el laboratorio de la ciudad de Yantzaza el mismo que cuenta con la acreditación otorgada por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

### 5.6.14 Análisis de resultados.

Los resultados obtenidos por parte del laboratorio fueron comparados con los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce, establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A. Tabla 9.

Se realizó una tabla comparativa de los resultados de laboratorio y los límites máximos permisibles establecidos en la normativa.

**Tabla 3:** *Tabla comparativa; parámetros a medir ex situ.*

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>	<b>Resultado</b>
<b>Aceites y Grasas</b>	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30,0	
<b>Cloruros</b>	Cl-	mg/l	1000	
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)</b>	DBO5	mg/l	100	



<b>Demanda Química de Oxígeno Sólidos Suspendidos Totales Sulfatos</b>	DQO SST SO4-2	mg/l mg/l mg/l	200 130 1000
--	---------------------	----------------------	--------------------

Fuente: (MAE, 2015).

**Tabla 4:** *Tabla comparativa; parámetros a medir in situ.*

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>	<b>Resultado</b>
<b>Caudal</b>	Q	l/s		
<b>Potencial de hidrógeno</b>	pH		6 - 9	
<b>Temperatura</b>	°C		Condición natural ±3	

## 5.7 Metodología para el segundo objetivo específico

Evaluar la capacidad de depuración de aguas residuales provenientes del camal, con las especies *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. y *Lemna minor* (L.) Griff.

### 5.7.1 Selección del sitio.

Primero se realizó un recorrido por toda el área del camal, para posteriormente seleccionar el área para la construcción de las piscinas experimentales considerando las condiciones más adecuadas.

### **5.7.2 Área para la construcción de las piscinas.**

El área total para la construcción de las 4 piscinas experimentales y de la testigo fue de 10m<sup>2</sup>, la cual contara con una cubierta de plástico transparente para evitar la afectación por factores externos.

### **5.7.3 Adecuación del área a construir.**

El área destinada a la construcción de las piscinas experimentales fue adecuada de tal forma que sea apta para la construcción de las mismas.

### **5.7.4 Construcción de piscinas experimentales.**

Se construyó 5 piscinas experimentales, con las siguientes dimensiones:

**Largo:** 1m.

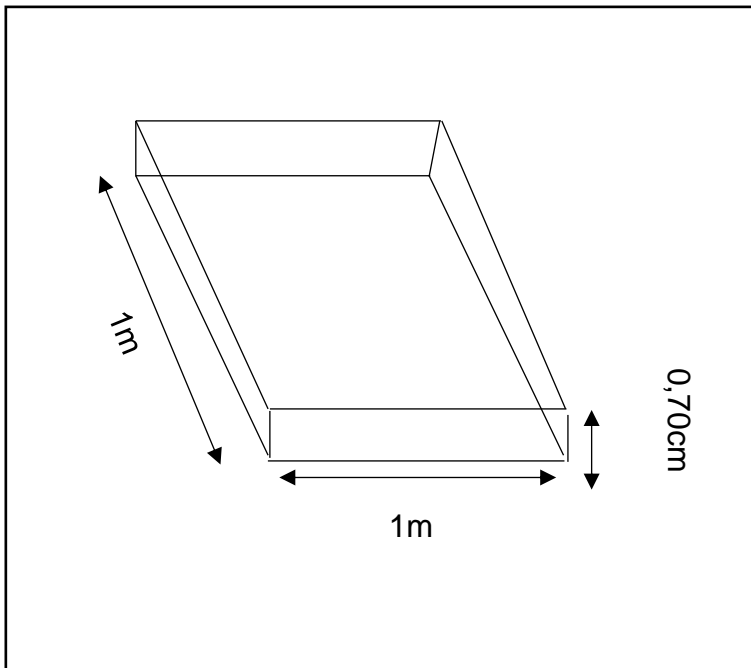
**Ancho:** 1m.

**Profundidad:** 0,70m.

El material que se empleó en la construcción de las piscinas fue hormigón y ladrillos. En el fondo de cada piscina, se colocó de manera uniforme una capa de 10 cm de piedra pequeña. Sobre la piedra pequeña, se colocó 10 cm de grava triturada para facilitar el desarrollo de las especies vegetales.

Por último, se colocó una capa de 5 cm de tierra, para favorecer el crecimiento de las especies.

Mediante conexiones de tubería PVC y grifos se condujo y controló un volumen constante de las aguas residuales hacia las piscinas de experimentación.



**Figura 1.** Dimensiones de las piscinas experimentales.

### 5.7.5 Implementación del ensayo con las especies vegetales.

#### 5.7.5.1 Obtención de especies.

La obtención de la especie vegetal *Eichhornia crassipes* provino del relleno sanitario de la ciudad de Zamora. Se recolectaron según los siguientes criterios:

- Que sean las más jóvenes, se las reconoce por el color azulado de sus raíces.
- Que tengan una buena coloración.
- Que no presenten anomalías.
- Que tengan un buen sistema radicular.

Se utilizaron guantes para la recolección de las especies con el fin de no maltratar las plantas, ni alterar sus características físicas.

Se transportaron en tres gavetas de plástico de 0,70m de largo por 0,45m de ancho y 0,35m de alto, se depositó 5 litros de agua contaminada de la laguna, posteriormente se recolecto las especies en cada recipiente.

La especie vegetal *Lemna minor* L. se compró al acuario de la ciudad de Quito (MASCOTAMODA CIA. LTDA). la cantidad de 166 gr.

#### **5.7.5.2 Adaptación y siembra de las especies.**

En esta fase se buscó que las especies se adapten a su nuevo hábitat bajo condiciones controladas para reducir el índice de mortalidad de las plantas.

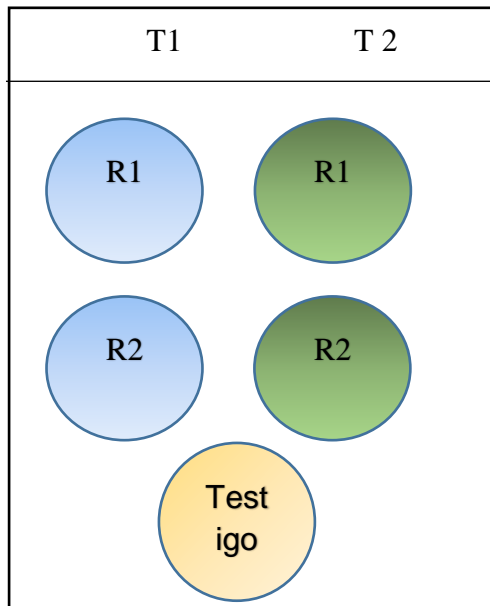
Las plantas recolectadas fueron transferidas de las gavetas de recolección a las piscinas construidas, las cuales contienen 80% de agua residual proveniente del camal y 20% de agua potable, donde permanecieron durante un periodo de adaptación de 7 días.

Terminado el periodo de adaptación se procedió a llenar las piscinas experimentales con el 100% de agua residual donde permanecieron durante un periodo de 12 semanas a un flujo constante de agua residual.

**Tabla 5:** Distribución de las especies por cada tratamiento y repetición.

<b>Distribución de las especies</b>		
<b>Repetición.</b>	<b>Primer tratamiento.</b>	<b>Segundo tratamiento.</b>
1	Jacinto de Agua (18 plantas)	Lenteja de Agua (75gr)
2	Jacinto de Agua (18 plantas)	Lenteja de Agua (75gr)

Para mejor comprensión a continuación se presenta un gráfico con los respectivos tratamientos.



**Figura 2.** Distribución de tratamientos.

### 5.7.6 Diseño experimental.

El experimento se desarrolló utilizando el método estadístico denominado Chi-cuadrado o ( $X^2$ ).

#### 5.7.6.1 Modelo matemático.

El modelo matemático del método estadístico establecido se basa en la siguiente formula:

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

Donde:

$X^2$ = Chi cuadrado

Fo= Frecuencia observada

Fe= Frecuencia esperada

### **5.7.7 Monitoreo y seguimiento.**

El monitoreo se lo realizo durante 12 semanas con una frecuencia de 1 vez por semana a partir de la siembra de las especies.

#### **5.7.7.1 Monitoreo y seguimiento del Jacinto de agua.**

Durante esta fase se evaluó a 17 plantas de Jacinto de agua por cada repetición, las cuales están etiquetadas para no perder la ubicación de las mismas, y los parámetros a evaluar serán:

**Porcentaje de cobertura.** - Para realizar la medición del porcentaje de cobertura se construyó un marco de madera de 1m<sup>2</sup> el mismo que se dividió cada 10 cm. Con clavos de ½ pulgada para posteriormente tensar una piola de nylon delgado. Una vez construido se procedió a colocarla sobre las piscinas experimentales del jacinto de agua, luego se contaron los cuadros vacíos y se determinó el porcentaje de cobertura. Los datos obtenidos fueron registrados en una matriz. (Ver anexo 2, hoja de campo1).

**Largo de la raíz.** - En la medición de la raíz se tomó la especie por el tallo, se suspendió en el aire y con la ayuda de una cinta métrica se procedió a medir desde base del tallo hasta la punta de la raíz, los datos obtenidos fueron registrados en una matriz. (Ver anexo 2, hoja de campo 2).

**Porcentaje de especies con clorosis.** - Mediante la observación se determinó el número de especies que presentaron clorosis, los datos observados fueron registrados en una matriz. (Ver anexo 2, hoja de campo 3).

**Porcentaje de mortalidad.** - A través de la observación directa se determinó el número de especies que murieron, los datos observados fueron registrados en una matriz (Ver anexo 2, hoja de campo 4).

#### **5.7.7.2 Monitoreo y seguimiento de la lenteja de agua.**

Los parámetros a evaluar serán:

**Porcentaje de cobertura.** - Para realizar la medición del % de cobertura se construyó un marco de madera de 1m<sup>2</sup> el mismo que se dividió cada 10 cm. Con clavos de ½ pulgada para posteriormente tensar una piola de nylon delgado. Una vez construido se procedió a colocarla sobre las piscinas experimentales de la lenteja de agua, luego se contaron los cuadros vacíos y se determinó el porcentaje de cobertura. Los datos obtenidos fueron registrados en una matriz (Ver anexo 2, hoja de campo 5).

#### **5.7.8 Protocolo de muestreo para la evaluación del potencial fitorremediador de las especies.**

Para la toma de la muestra, etiquetado de la muestra, parámetros a medir, tipo de envases, tipo de muestras, transporte de las muestras y análisis de laboratorio, se realizará siguiendo el mismo protocolo que se ejecutó para el cumplimiento del objetivo 1. A excepción de: la cantidad de puntos a muestrear, los mismos que se detallan a continuación.

#### **5.7.9 Cantidad de puntos a muestrear.**

Se recolectaron 2 muestras compuestas, 1 por cada tratamiento, y una simple de la testigo.

### 5.7.10 Análisis de resultados.

Se procedió a comparar los resultados obtenidos del análisis de laboratorio con los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A. Tabla 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

## 5.8 Metodología para el tercer objetivo

Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales procedentes del camal, mediante el empleo de la especie que mejores resultados de remoción de contaminantes presente.

### 5.8.1 Diseño de un humedal de flujo superficial o de flujo libre.

Es un área que se encuentra saturada por agua superficial, con una frecuencia de efluente que mantenga la saturación.

#### 5.8.1.1 Área superficial

Para el diseño preliminar se admite que el caudal de entrada y salida son iguales, entonces el área superficial se encuentra con la siguiente ecuación.

$$A_s = \frac{Qh \ln(C_o/C_f)}{Kt * y * n}$$

**Donde:**

$A_s$  = Área superficial ( $m^2$ )

$Q_h$  = Caudal de diseño del humedal: ( $m^3/día$ )

$C_o$  = Concentración del afluente: (mg/l)

$C_f$  = Concentración del efluente: (mg/l)



$K_t$  = constante del primer orden dependiendo de la temperatura

$y$  = Profundidad del humedal: (m)

$n$  = Porosidad del medio

### **5.8.1.2 Longitud de la celda del humedal**

Para determinar que longitud tendrá la celda del humedal se aplicó la siguiente ecuación.

$$L_h = 3 * W_h$$

**Donde**

$L_h$  = Longitud de la celda del humedal (m)

$W_h$  = Ancho del humedal (m)

### **5.8.1.3 Ancho de la celda del humedal**

Para calcular que extensión contara la celda del humedal consideraremos una relación de largo/ancho de 3.1 y utilizaremos la siguiente ecuación.

$$W_h = \sqrt{\frac{A_s}{L}}$$

**Dónde:**

$W_h$  = Ancho de la celda del humedal (m)

$L_h$  = Largo del humedal: L/3 del ancho

$A_s$  = Área superficial del humedal: (m<sup>2</sup>)

## **6 RESULTADOS**

### **6.1 Resultados del primer objetivo específico**

**6.1.1 Caracterizar las aguas residuales provenientes del camal ubicado en el Barrio la Recta Cantón El Panguí.**

#### **6.1.1.1 Recorrido de campo.**

Mediante un recorrido por toda el área del camal se pudo constatar que sus instalaciones se encuentran deterioradas, no cuenta con un sistema completo para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de las actividades de faenamiento, las mismas que son vertidas hacia el río Zamora. Para remediar este problema se realizó la identificación del mejor lugar para la construcción de las piscinas experimentales, tomando en cuenta las características más favorables.

#### **6.1.1.2 Entrevista.**

Durante la entrevista mantenida con el técnico encargado de la administración del camal municipal de El Panguí manifestó que actualmente el camal no cuenta con un sistema completo para el tratamiento de las aguas residuales, se evidencio únicamente un tanque sedimentador el mismo que no es eficiente, se encuentra en un estado deteriorado y además ya hace varios años que no le dan el mantenimiento adecuado, por lo tanto, las aguas son vertidas directamente al río sin ningún tratamiento previo. Así mismo añadió que cuentan ya con estudios y diseños para la construcción de un nuevo camal el mismo que no se ejecuta debido a la falta de recursos económicos por parte del GAD municipal, además dio a conocer que 7 personas entre veterinario, chofer, guardia y faenadores, trabajan de forma permanente, desarrollando actividades de faenamiento (2 cerdos y 3

bovinos por día aproximadamente) desde el día martes a sábado de 4:00am a 12:00pm.

### 6.1.1.3 Determinación del caudal.

En el cuadro 4 se presenta la información que depona la medición del caudal del agua residual proveniente del camal, la misma que fue realiza empleando el método volumétrico.

**Cuadro 4. Método volumétrico.**

<b>Medición del caudal con el método volumétrico</b>		
Numero de muestras	Tiempo (s)	Volumen (l)
1	6	7
2	6	6
3	6	6
4	6	5
5	6	7
6	6	6
7	6	6
8	6	5,1
9	6	5
10	6	4,8
11	6	4,6
12	6	4,6
13	6	5,4
14	6	4,5
15	6	3
16	6	6
17	6	4,4
18	6	5,1
19	6	5
20	6	5
21	6	5,7
22	6	6,3
23	6	6
Total	138	123,5
Caudal (Q=v/t)		<b>0,8 l/s</b>

De acuerdo con la tabla anterior se realizó un total de 23 repeticiones para la determinación del caudal, esto para una mayor veracidad y confiabilidad en el resultado, dando así un promedio de caudal de 0,8 l/s.

#### **6.1.1.4 pH.**

En el cuadro 5 se presenta la información que depone la medición del pH.

**Cuadro 5:** Medición de pH.

<b>Medición del potencial de hidrógeno (pH)</b>			
Expresado como	Límite max. permisible	Unidad	Resultado
pH	6-9		8

De acuerdo a la tabla anterior el agua residual procedente del camal municipal presenta un pH de 8, el cual comparado con el Acuerdo Ministerial 097-A se encuentra entre los límites máximos permisibles.

#### **6.1.1.5 Temperatura.**

En el cuadro 6 se presenta la información que depone la medición de temperatura.

**Cuadro 6.** Medición de temperatura.

<b>Medición de Temperatura</b>				
Expresado como	Unidad	Limite Max. Permisible	Cuerpo receptor	Línea base
T	°C	Condición natural $\pm 3$	18	22

De acuerdo a la tabla anterior la temperatura de la línea base está por encima de los límites permisibles, ya que la normativa establece un rango de  $\pm 3$  en relación con el cuerpo receptor.

#### **6.1.1.6 Análisis de resultados ex situ.**

Los siguientes resultados son obtenidos luego del análisis realizado por el laboratorio "GRUENTEC".

En el cuadro 7 se presenta la comparación de los resultados del laboratorio con los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A anexo 1, tabla 9.

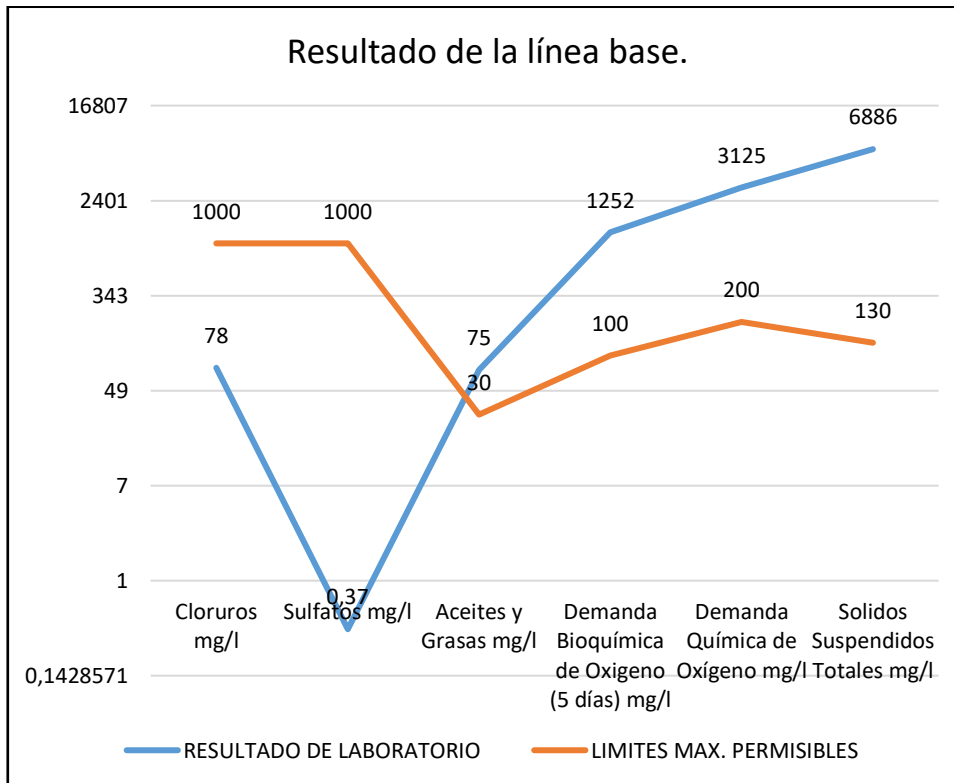
**Cuadro 7.** Resultados de laboratorio.

<b>PARAMETRO</b>	<b>EXPRESADO COMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADO DE LABORATORIO</b>	<b>LIMITES MAX. PERMISIBLES</b>
Cloruros	Cl	mg/l	78	1000
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	0,37	1000
Aceites y Grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	75	30,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	1252	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	3125	200
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	6886	130

De acuerdo a la comparación de los resultados, los parámetros que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la tabla 9 del Acuerdo ministerial 097-A son: **Cloruros y Sulfatos.**

En cuanto a los parámetros que se encuentran por encima de los límites máximos permisibles están: **Aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días), Demanda Química de Oxígeno y Solidos Suspendidos Totales.**

En la siguiente figura se describe la relación entre la Línea base y los Límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A.



**Figura 3.** Comparación entre la Línea Base y los Límites Max. Permisibles.

## 6.2 Resultados del segundo objetivo específico

6.2.1 Evaluar la capacidad de depuración de aguas residuales provenientes del camal, con las especies *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. y *Lemna minor* (L.) Griff.

6.2.1.1 Monitoreo y seguimiento de las 17 plantas de la especie *Eichhornia crassipes*.

Repetición 1.

**Cuadro 8.** Parámetros evaluados de la especie *Eichhornia crassipes* (R1).

"Eichhornia crassipes" Repetición 1				
Semanas de Evaluación	Largo total de la raíz cm.	% total de cobertura	% de clorosis	% de mortalidad
1	5	27	10	0
2	6	38	5	0
3	6	54	0	0
4	6	54	0	0
5	6	54	0	0
6	7	54	0	0
7	7	54	0	0
8	7	54	0	0
9	7	54	0	0
10	7	54	0	0
11	7	65	0	0
12	8	65	0	0

De acuerdo a la tabla anterior el promedio de crecimiento total de la raíz de las 17 plantas durante la primera semana de evaluación fue de 5 cm, a partir de la

segunda semana hasta la quinta presentaron un crecimiento de 6 cm, en la última semana presentaron un crecimiento total de 8 cm.

En cuanto al porcentaje de cobertura durante las dos primeras semanas de evaluación presentaron un porcentaje total de 27% y 38% respectivamente, mientras que a partir de la tercera semana hasta la décima presentaron un porcentaje total de 54%.

En cuanto al porcentaje de clorosis únicamente se evidencio durante las dos primeras semanas de evaluación 10% y 5% respectivamente, a partir de la tercera semana desapareció la clorosis. No se evidencio la muerte de ninguna de las plantas evaluadas.

### Repetición 2.

**Cuadro 9.** Parámetros evaluados de la especie *Eichhornia crassipes* (R2).

"Eichhornia crassipes" Repetición 2				
Semanas de Evaluación	Largo total de la raíz (cm)	% total de cobertura	% de clorosis	% de mortalidad
1	5	27	10	0
2	5	38	5	0
3	5	54	0	0
4	6	54	0	0
5	6	54	0	0
6	6	54	0	0
7	6	54	0	0
8	6	54	0	0
9	7	54	0	0
10	7	54	0	0
11	7	54	0	0
12	8	54	0	0



De acuerdo a la tabla anterior el promedio de crecimiento total de la raíz de las 17 plantas evaluadas durante las tres primeras semanas de evaluación fue de 5 cm, mientras que en la última semana de evaluación el promedio de crecimiento fue de 8 cm.

En cuanto al porcentaje total de cobertura durante las dos primeras semanas evaluadas fue de 27% y 38% respectivamente, mientras que a partir de la tercera semana presentaron un porcentaje del 54%.

En cuanto al parámetro clorosis las 17 plantas evaluadas presentaron durante las dos primeras semanas un porcentaje de clorosis de 10% y 5% respectivamente, mientras que a partir de la tercera semana la clorosis desapareció. No se evidenció la muerte de ninguna de las plantas evaluadas.

#### **6.2.1.2 Monitoreo y seguimiento de la especie *Lemna minor*.**

##### **Repetición 1.**

##### **Porcentaje de cobertura de la especie *Lemna minor*.**

**Cuadro 10.** Porcentaje de cobertura de la especie *Lemna minor* (R1).

PORCENTAJE DE COBERTURA DE LAS PLANTAS LENTEJA DE AGUA (%)												
Porcentaje	Semanas de evaluación											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	35	60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

De acuerdo a la tabla anterior durante las dos primeras semanas de evaluación presento un porcentaje de cobertura de 35% y 60% respectivamente, mientras que a partir de la tercera semana se constató la presencia del 100% de cobertura.

## Repetición 2.

### Porcentaje de cobertura de la especie *Lemna minor*.

**Cuadro 11.** Porcentaje de cobertura de la especie Lemna minor (R2).

PORCENTAJE DE COBERTURA DE LAS PLANTAS LENTEJA DE AGUA (%)												
Porcentaje	Semanas de evaluación											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	30	60	100	100	1000	100	100	100	100	100	100	100

De acuerdo a la tabla anterior durante las dos primeras semanas de evaluación presento un porcentaje de cobertura de 30% y 60% respectivamente, mientras que a partir de la tercera semana se constató la presencia del 100% de cobertura.

#### 6.2.1.3 Resultados de los tratamientos uno y dos.

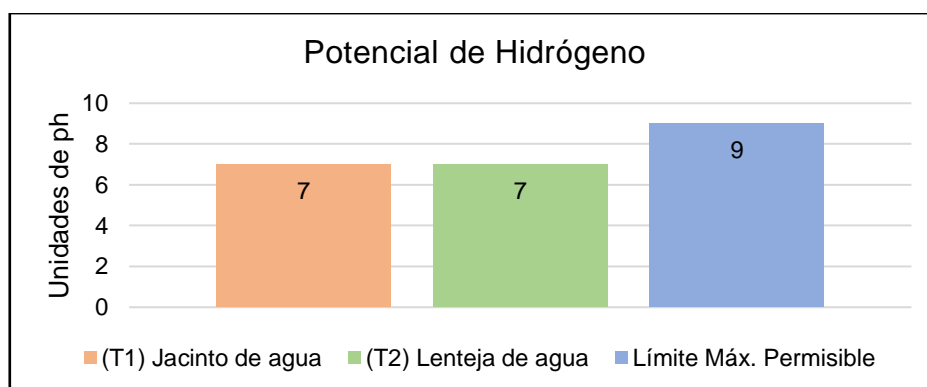
Los resultados de los dos tratamientos obtenidos por parte del laboratorio GRUENTEC se describen a continuación en el siguiente cuadro:

**Cuadro 12.** Resultados de los dos tratamientos.

Parámetro	(T1) Jacinto de agua	(T2) Lenteja de agua	Limite Max. Permisible
pH	7	7	6-9
Solidos Suspendidos Totales mg/l	49	21	130
Cloruro mg/l	11	10	1000
Sulfato mg/l	0,55	1,7	1000
Aceites y Grasas mg/l	0,8	0,8	30,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/l	19	68	100
Demanda Química de Oxígeno mg/l	130	190	200

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los parámetros objeto de estudio, cabe recalcar que todos los parámetros fueron comparados con el Acuerdo Ministerial 097-A anexo 1, tabla 9.

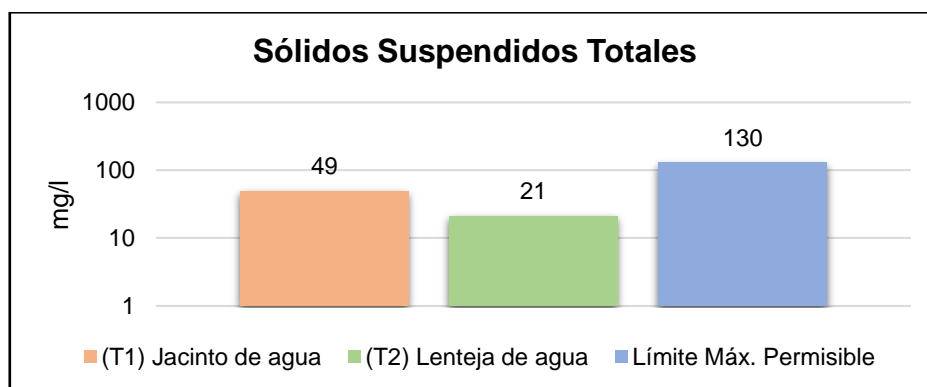
### Parámetro potencial de Hidrógeno



**Figura 4.** Resultados del parámetro pH analizados en los dos tratamientos

En la figura 4, muestra que los dos tratamientos presentan un mismo pH de 7, los cuales comparados con la normativa 6-9, se concluye que estos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos; dando una eficacia de remoción de 12,5% en cada tratamiento.

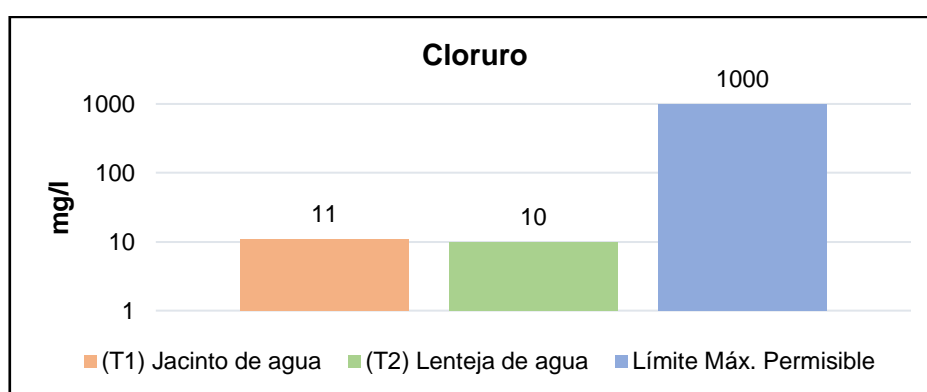
### Parámetro Sólidos Suspendidos Totales



**Figura 5.** Resultados del parámetro Sólidos suspendidos Totales.

De acuerdo a la figura 5, el tratamiento con lenteja de agua es quien presenta un mayor porcentaje en la remoción de dicho parámetro, dando un resultado de 21mg/l, con una eficiencia de remoción de 99,6%; el buchón de agua también presenta un gran porcentaje de remoción de dicho parámetro 49mg/l, con una eficiencia de remoción de 99,2%, dando finalmente resultados por debajo de los límites máximos permisibles.

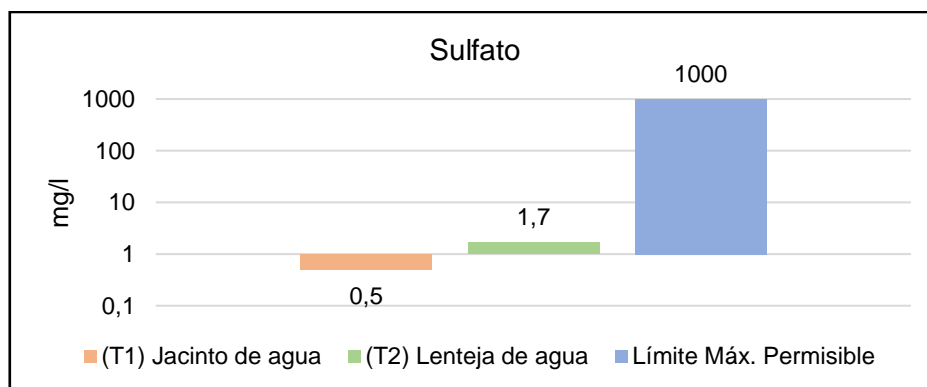
### Parámetro Cloruro



**Figura 6.** Resultados del parámetro Cloruro

En la figura 6 muestra que el tratamiento con la especie lenteja de agua es quien removió el mayor porcentaje del contaminante dando un resultado de 10mg/l y una eficiencia de remoción de 87%; además el tratamiento con jacinto de agua también removió parte del contaminante en un porcentaje de 11mg/l, con una eficiencia de remoción del 85,8%. Los resultados obtenidos tras la comparación con los límites máximos permisibles muestran que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles.

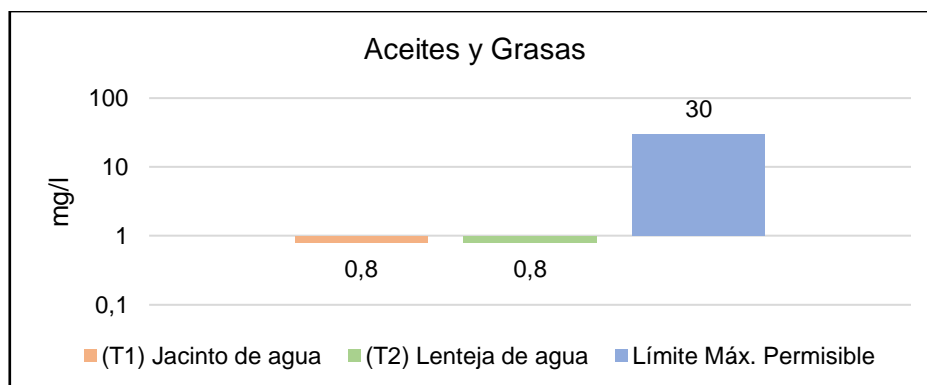
### Parámetro Sulfato



**Figura 7.** Resultados del parámetro Sulfato.

De acuerdo a la figura 7 los resultados del parámetro Sulfato son: tratamiento con jacinto de agua 0,5mg/l, tratamiento con lenteja de agua 1,7mg/l, los cuales establecen que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A.

### Parámetro Aceites y Grasas

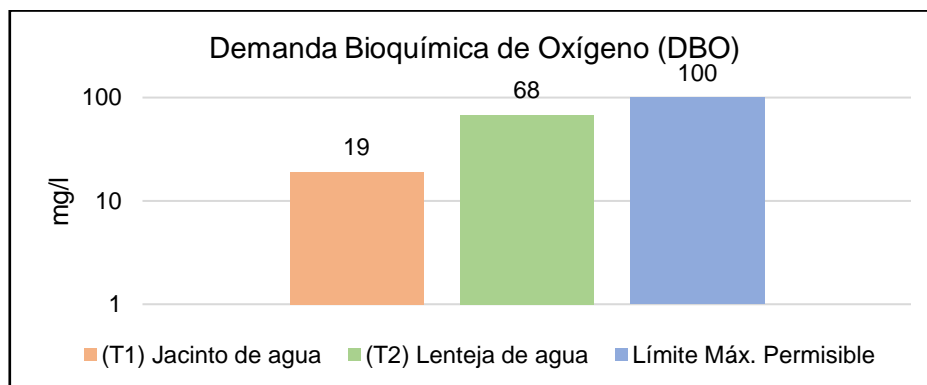


**Figura 8.** Resultados del parámetro Aceites y Grasas

De acuerdo con la figura 8, los resultados analizados del parámetro Aceites y Grasas son: tratamiento con lenteja de agua 0,8mg/l, tratamiento con jacinto de agua 0,8mg/l, los cuales presentan una igual eficiencia de remoción del 98,9%.

estos resultados comparados con la normativa establecen que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

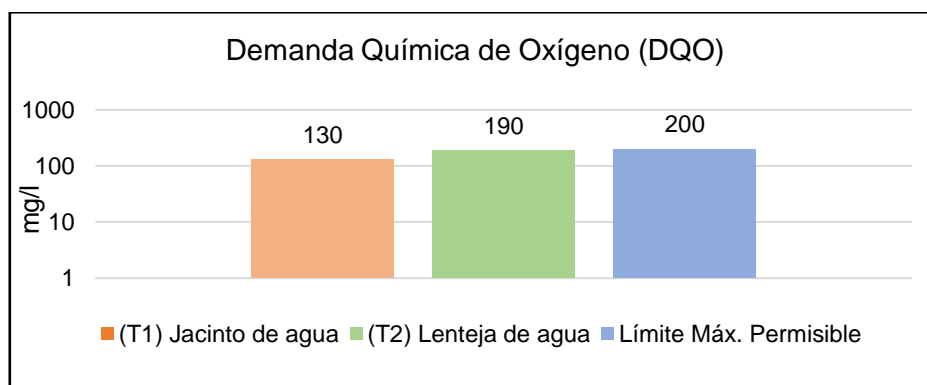
### Parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno



**Figura 9.** Resultados del parámetro DBO.

Según la figura 9, el tratamiento con la especie jacinto de agua fue quien mejores resultados presento 19mg/l, y una eficiencia de remoción del 98,4%; seguido de la especie lenteja de agua quien presenta un valor de 68mg/l y una eficiencia de remoción del 94,5%. Estos resultados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A..

### Parámetro Demanda Química de Oxígeno



**Figura 10.** Resultados del parámetro DQO.

Según la figura 10, los resultados analizados del parámetro DQO son: tratamiento con jacinto de agua 130mg/l, tratamiento con lenteja de agua 190mg/l, concluyendo así que el tratamiento con jacinto de agua presento una mayor eficiencia de remoción 95,8%.

**6.2.1.4 Desarrollo del método estadístico no paramétrico “Chi-cuadrado ( $\chi^2$ )” 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 la investigación.

**Calcular el valor del Chi-cuadrado**

Se obtuvo las tablas de contingencia de las frecuencias observadas.

La siguiente tabla indica los resultados del análisis de la piscina con buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna minor*).

**Cuadro 13.** Tabla de contingencia con las frecuencias observadas en los tratamientos uno y dos.

Parámetro	(T1)	(T2)
	Jacinto de agua	Lenteja de agua
pH	7	7
Sólidos Suspendidos Totales	49	21
Cloruro	11	10
Sulfato	0,55	1,7

Aceites y Grasas	0,8	0,8
Demanda Bioquímica de Oxígeno	19	68
Demanda Química de Oxígeno	130	190

Con los datos del cuadro 13, correspondiente a las frecuencias observadas en los resultados analizados del agua residual tratada 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 14.** Resultado de la suma de las frecuencias observadas.

Parámetro	(T1) Jacinto de agua	(T2) Lenteja de agua	Total
pH	7	7	14
Solidos Suspendidos Totales	49	21	70
Cloruro	11	10	21
Sulfato	0,55	1,7	2,25
Aceites y Grasas	0,8	0,8	1,6



Demanda Bioquímica de Oxígeno	19	68	87
Demanda Química de Oxígeno	130	190	320
Total	217,350	298,500	515,850

Con los datos del cuadro 14. Se utilizó la siguiente fórmula para determinar los valores de las frecuencias esperadas.

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

**Donde:**

**Fe** = Frecuencia esperada.

$\sum c.$  = Sumatoria total de cada columna.

$\sum f.$  = Sumatoria de cada fila.

$\sum \text{total}$  = Sumatoria total de los valores de la tabla.

Realizada la aplicación de esta fórmula en cada uno de los valores del cuadro 13, se obtuvo las frecuencias esperadas de los resultados del análisis de las aguas residuales de los tratamientos uno y dos.

**Cuadro 15.** Tabla de contingencia de las frecuencias esperadas.

Parámetro	(T1) Jacinto de agua	(T2) Lenteja de agua
pH	5,8988	8,1012
Solidos Suspendidos Totales	29,4940	40,5060
Cloruro	8,8482	12,1518
Sulfato	1,5282	1,3020
Aceites y Grasas	0,6741	0,9259
Demanda Bioquímica de Oxígeno	36,6569	50,3431
Demanda Química de Oxígeno	134,8299	185,1701

Obteniendo los datos correspondientes para las frecuencias observadas y esperadas, se procedió a realizar el cálculo del Chi- cuadrado ( $X^2$ ) utilizando la siguiente formula:

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde:

$X^2$  = Chi cuadrado.

$f_o$  = Frecuencia del valor observado.

$f_e$  = Frecuencia del valor esperado.

### Desarrollo del procedimiento para el cálculo del Chi-cuadrado ( $X^2$ )

$$X^2 = ((7 - 5,8988)^2/5,8988) + ((49 - 29,4940)^2/29,4940) + ((11 - 8,8482)^2/8,8482) + ((0,55 - 1,5282)^2/1,5282) + ((0,8 - 0,6741)^2/0,6741) + ((19 - 36,6569)^2/36,6569) + ((130 - 134,8299)^2/134,8299) + ((7 - 8,1012)^2/8,1012) + ((21 - 40,5060)^2/40,5060) + ((10 - 12,1518)^2/12,1518) + ((1,7 - 1,3020)^2/1,3020) + ((0,8 - 0,9259)^2/0,9259) + ((68 - 50,3431)^2/50,3431) + ((190 - 185,1701)^2/185,1701)$$

$$X^2 = 0,2056 + 12,9004 + 0,5233 + 0,6261 + 0,0235 + 8,5050 + 0,1730 + 0,1497 + 9,3933 + 0,3810 + 0,1217 + 0,0171 + 6,1928 + 0,1259.$$

$$X^2 = 39,3384$$

**Determinar el valor de “p” y el grado de libertad.**

**Se determinó el valor de “p”.**

$$P = 1 - \text{Nivel de significancia (0,05)}$$

$$P = 1 - 0,05$$

$$P = 0,95$$

**Se determinó el grado de libertad (v)**

$$V = (\text{cantidad de filas} - 1) * (\text{cantidad de columnas} - 1)$$

$$V = (7 - 1) * (2 - 1)$$

$$V = (6) * (1)$$

$$V = 6$$

### Obtener el valor crítico

De acuerdo a la tabla para valores de Chi-cuadrado ( $X^2$ ). Ver anexo 7, el valor crítico (vc) es:

$$vc = 12,592$$

Realizar una comparación entre el Chi-cuadrado calculado ( $X^2$  calc.) y el valor crítico (vc).

$X^2$ calc	$\leq$	vc
39,3384		12,592

### 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: 39,3384 es mayor que el Chi-cuadrado crítico: 12,592 entonces se rechaza la **hipótesis nula (H<sub>0</sub>)**: La descontaminación del agua residual proveniente del camal municipal no dependerá del potencial fitorremediador de las especies *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. y *Lemna minor* (L.) Griff. Y se acepta la **Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>)**: La descontaminación del agua residual proveniente del camal municipal dependerá del potencial fitorremediador de las especies *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. y *Lemna minor* (L.) Griff.

### 6.3 Resultados del tercer objetivo específico

**6.3.1 Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales procedentes del camal, mediante el empleo de la especie que mejores resultados de remoción de contaminantes presente.**

#### **6.3.1.1 Diseño de humedal Artificial de Flujo Libre**

Para el dimensionamiento del humedal vamos a estimar los siguientes parámetros:

*6.3.1.1.1 Calculo del área superficial de la laguna en función de la remoción del DBO*

#### **Datos:**

$Q_h$  = Caudal de diseño del humedal: 23,04m<sup>3</sup>/día

$C_o$  = Concentración de DBO del afluente: 1252mg/l

$C_f$  =Concentración de DBO del efluente: 100mg/l

$K_t$  = constante del primer orden dependiendo de la temperatura

$y$  = Profundidad del humedal: 1,00 m

$n$  = Porosidad del medio: 0,75

$$A_s = \frac{Q_h \ln(C_o/C_f)}{K_t * y * n}$$

Para efectuar el cálculo nos hace falta la constante y la determinamos con la ecuación.

**Datos:**

$K_{20}$  = valor de la relación de primer orden a un plazo de 20 días: 0,678

$T_a$  = temperatura ambiente: 24°C

$$Kt = K_{20} * 1,06^{(T_a - 20)^{\circ C}}$$

$$Kt = 0,678 * 1,06^{(24 - 20)^{\circ C}}$$

$$Kt = 0,86$$

Reemplazamos valores en la ecuación de área superficial

$$A_s = \frac{23,04 \text{ m}^3/\text{dia} \times \ln(1252/100)}{0,86 * 1 * 0,75}$$

$$A_s = 90,26 \text{ m}^2$$

*6.3.1.1.2 Calculo del ancho del humedal*

Consideramos que la relación largo/ancho para el humedal sea de 3:1 entonces calculamos el ancho con la ecuación.

**Datos:**

$L_h$  = Largo del humedal: L/3 del ancho

$A_s$  = Área superficial del humedal: 90,26 m<sup>2</sup>

$$Wh = \sqrt{\frac{A_s}{3}}$$

$$Wh = \sqrt{\frac{90,26 \text{ m}^2}{3}}$$

$$Wh = 5,48 \text{ m}$$

#### 6.3.1.1.3 *Cálculo del largo del humedal*

**Datos:**

$W_h$  = Ancho del humedal: 5,48 m

$$Lh = 3 * Wh$$

$$Lh = 3 * 5,48\text{m}$$

$$Lh = 16,44\text{m}$$

#### 6.3.1.1.4 *Cálculo del volumen del humedal*

**Datos:**

$W_h$  = Ancho del humedal de flujo libre: 5,48m

$L_h$  = Largo del humedal de flujo libre: 16,44m

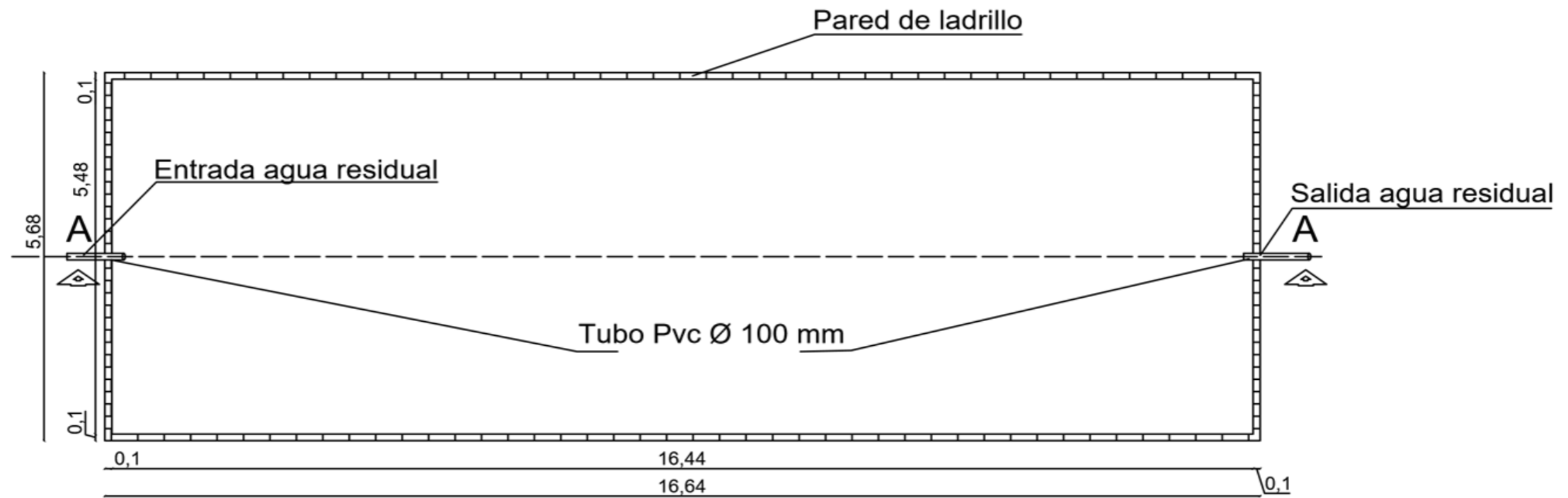
$y$  = Profundidad del humedal de flujo libre: 1m

$$VHFL = Lh * Wh * y$$

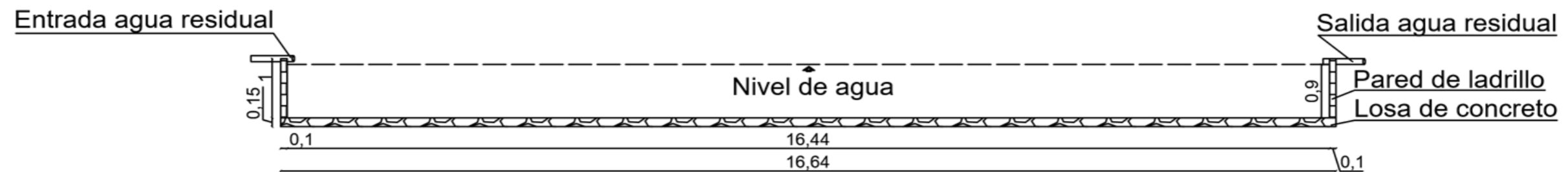
$$VHFL = 16,44\text{m} * 5,48\text{m} * 1\text{m}$$

$$VHFL = 90,09\text{m}^3$$


DIMENSIONES PLANIMETRICAS DEL HUMEDAL DE FLUJO SUPERFICIAL



HUMEDAL DE FLUJO SUPERFICIAL  
VISTA EN PLANTA



HUMEDAL DE FLUJO SUPERFICIAL  
CORTE A - A

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
PROYECTO:	HUMEDAL DE FLUJO SUPERFICIAL.	FECHA: 01/11/2016
UNL	CONTENIDO: HUMEDAL DE FLUJO SUPERFICIAL: VISTA EN PLANTA Y CORTE LONGITUDINAL	ESCALA: 1 : 100
	ELABORACIÓN: Leoncio Alberto Pineda.	LAMINA: 1 / 1



**Cuadro 16.** Análisis de costo del humedal de flujo superficial

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
<b>Herramientas de construcción</b>				
Machete	U	1	3,50	3,50
Segueta	U	1	6,50	6,50
Pala de punta	U	2	8	16
Barreta	U	1	12	12
Carretilla	U	2	40	80
Escuadra	U	1	1,50	1,50
Vailejo	U	1	4	4
Rollo de piola fina	U	1	2,50	2,50
Lápiz de albañilería	U	1	0,50	0,50
Guantes de caucho	Par	1	3	3
Flexómetro	U	1	1,50	1,50
Nivel	U	1	3	3
Paleta de madera para construcción	U	1	5	5
Sierra de mano	U	1	3,50	3,50
Plomada	U	1	3,50	3,50
<b>Materiales de construcción</b>				
Piedra	m3	10	15	150
Arena gruesa	m3	5	20	100
Arena fina	m3	4	20	80
Grava media de 4 mm	m3	5	20	100
Ladrillo	U	733	0,25	183,25
Varilla de hierro 10	U	8	6,50	52
Cemento	fundas	25	8,20	205
Impermeabilizante	l	5	12	60
Tablas de encofrado	U	12	2,90	34,80
Clavos de 2"	lb	7	1	7
Tubo PVC 3"	U	6	6,50	39
Tubo PVC 2"	U	5	5	25
Codo PVC de 3"	U	3	2	6
Pegatubo pequeño	U	3	1	3
Balde de plástico 20 l.	l	1	5	5
<b>Mano de obra</b>				
Maestro albañil	Jornal	12	30	360
Oficial	Jornal	12	17	204
<b>Total</b>				<b>1760,05</b>

## 7 DISCUSIÓN

### 7.1 Para los resultados del primer objetivo específico

#### 7.1.1 Caracterizar las aguas residuales provenientes del camal ubicado en el Barrio la Recta Cantón El Panguí.

El **Caudal** de agua residual del camal municipal es de 0,8l/s (23,04m<sup>3</sup>/día) el mismo que fue calculado mediante el método volumétrico, (López, 2015), afirma que un matadero consume aproximadamente 5 litros por kilo de peso vivo.

El resultado del parámetro **pH** caracterizado es de 8 el mismo que comparado con los límites máximos permisibles de 6-9 establecidos en la tabla 9 del Acuerdo Ministerial 097-A, indica que se encuentra dentro de los límites permisibles, (Salas, 2008), establece que el pH promedio de un matadero es de 8, el cual puede variar dependiendo de la cantidad de sangre, Sólidos Suspendidos Totales y materia orgánica generada durante el proceso de faenamiento.

El resultado del parámetro **Temperatura** caracterizado es de 22°C, el cual comparado con la temperatura del cuerpo receptor de 18°C, se deduce que la temperatura del agua residual se encuentra dentro de los límites máximos permisibles, debido a que la normativa establece un valor de  $\pm 3$  con relación al cuerpo receptor, (Villalobos, 2014), sostiene que la temperatura del agua residual de un matadero es de entre 20 y 22 °C, valores de temperatura que dependen del número de cerdos faenados, ya que en el proceso de escaldo se emplea agua caliente para el respectivo faenamiento.

El resultado del parámetro **Cloruros** caracterizado es de 78mg/l, el cual comparado con el límite máximo permisible de 1000mg/l, se establece que el

parámetro cloruros está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa legal vigente, (Muñoz, 2005), establece un valor promedio de 1000 mg/L respecto al parámetro cloruro el cual se debe a los residuos de orina de los animales faenados, así como también de los detergentes empleados en la limpieza de los equipos y de las instalaciones.

El resultado del parámetro **Sulfatos** caracterizado es de 0,37mg/l, este comparado con el límite máximo permisible de 1000mg/l, se deduce que el parámetro sulfatos del agua residual se encuentra dentro de los límites permisibles, (Aguas industriales, 2014), menciona que este resultado se debe a la presencia de orina de los animales faenados, así como también a los detergentes empleados en la limpieza de los equipos y de las instalaciones.

El resultado del parámetro **Aceites y Grasas** caracterizado es de 75mg/l, el cual, comparado con el límite máximo permisible de 30,0mg/l, se deduce que dicho parámetro sobrepasa los límites máximos permisibles establecidos en la normativa, (Muñoz, 2005), afirma que durante el proceso de eviscerado y lavado de canales es donde se genera la mayor cantidad de aceites y grasas (700 – 1000 mg/L).

El resultado del parámetro **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)** caracterizado es de 1252 mg/l, esto comparado con el límite máximo permisible de 100mg/l, se concluye que la DBO sobrepasa los límites máximos permisibles, (Salas, 2008), establece que en general estos afluentes tienen altas concentraciones de compuestos orgánicos (DBO = 9300 mg/L). estos residuos son producto de corrales (lavado de ganado), área de sangría, remoción de cueros, pelos y otras partes no comestibles, que resultan del procesamiento de la carne, el cual incluye el procesamiento de vísceras, intestinos y operaciones de limpieza.

El resultado del parámetro **Demanda Química de Oxígeno (DQO)** caracterizado es de 3125mg/l, el mismo comparado con el límite máximo permisible de 200mg/l, se afirma que el parámetro DQO sobrepasa los límites máximos permisibles, (Hernández, 2011), establece que, los procesos de estabulación, desangrado, escaldado y eviscerado, son los que más afectan de manera significativa en cuanto a la DQO. (Aguas Industriales, 2014), afirma que la sangre aporta una DQO total de 375 mg/L.

El resultado del parámetro **Sólidos Suspendidos Totales (SST)** caracterizado es de 6886mg/l, el cual comparado con el límite máximo permisible de 130mg/l, se establece que el parámetro SST sobrepasa los límites permisibles, (Field, 2000), afirma que debido a la gran cantidad de contenido ruminal, estiércol, grasas y pelos generados durante los procesos de estabulación, eviscerado, escaldado y lavado de canales, se genera la mayor cantidad de solidos suspendidos totales.

## **7.2 Para los resultados del segundo objetivo específico**

### **7.2.1 Evaluar la capacidad de depuración de aguas residuales provenientes del camal, con las especies *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. y *Lemna minor* (L.) Griff.**

El resultado del parámetro **pH** en el agua residual sin tratar y en los dos tratamientos es de 7, el cual, comparado con el límite permisible de 9, se afirma que dicho parámetro se encuentra dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A.

El resultado del parámetro **Sólidos Suspendidos Totales** tratado con la especie jacinto de agua es de 49mg/l, con una eficiencia de remoción del 99,2%;

en el tratamiento con la especie lenteja de agua es de 21 mg/l, con una eficiencia de remoción del 99,6%, los mismo comparado con los límites permisibles de 130mg/l, se deduce que el tratamiento con la especie lenteja de agua presenta mayor eficiencia en la remoción del contaminante antes mencionado (Valero, 2006.), establece que luego de dos años de estudio del comportamiento de la lenteja de agua en un sistema de depuración de aguas residuales, mostraron que hubo una reducción entre el 90 a 97% de solidos suspendidos totales .

Los resultados del parámetro **Cloruro** en el tratamiento con jacinto de agua es de 11mg/l, presentando una eficiencia de remoción del 85,8%; en el tratamiento con la lenteja de agua es de 10mg/l, con una eficiencia de remoción del 87%, los cuales comparados con la normativa de 1000mg/l, establecen que los dos tratamientos remueven eficientemente este contaminante, (Hidalgo, Montano y Estrada, 2005), afirman que la lenteja de agua obtiene del agua residual todos los nutrientes que requiere para su metabolismo, siendo el nitrógeno y el fósforo, junto a los iones de potasio, calcio, magnesio, fierro, amonio, nitrito, sulfato, cloro, fosfato y carbonato, los más importantes. Poseen un sistema de raíces, que pueden tener microorganismos asociados a ellas que favorece la acción depuradora.

Los resultados analizados del parámetro **Sulfato** es de 0,55mg/ en el tratamiento con la especie jacinto de agua, 1,7mg/l en el tratamiento con la especie lenteja de agua; mientras que en el agua residual sin tratar se obtuvo 0,3mg/l. Los cuales comparados con los límites máximos permisibles de 1000mg/l, se establece que los resultados se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A. (Hidalgo, Montano y Estrada, 2005), afirman que la lenteja de agua y el jacinto de agua obtienen del agua residual todos los nutrientes que requieren para su metabolismo, siendo el nitrógeno y el fósforo,

junto a los iones de potasio, calcio, magnesio, fierro, amonio, nitrito, sulfato, cloro, fosfato y carbonato, los más importantes. Poseen un sistema de raíces, que pueden tener microorganismos asociados a ellas que favorece la acción depuradora.

Los resultados obtenidos del parámetro **Aceites y Grasas** en el tratamiento con el jacinto de agua y lenteja de agua es de 0,8mg/l, mientras que en el agua residual sin tratar es de 4,8mg/l, dando una igual eficiencia de remoción del 98,9%; los cuales, comparados con los límites máximos permisibles de 30,0mg/l, se afirma que en los dos tratamientos se obtuvo igual resultado los mismos que se encuentran por debajo de los límites permisibles. (Poveda, 2014), determinó la eficiencia de la fitorremediación con las especies vegetales lenteja de agua y Jacinto de agua, mediante los análisis realizados en el laboratorio de los parámetros físico químicos y microbiológicos antes y durante el proceso de fitorremediación, demostrando con esto que en el caso del agua residual industrial la especie que presentó mejores resultados fue el Jacinto de agua y en el caso del agua residual de uso agrícola tanto la lenteja de agua como el Jacinto de agua dieron resultados muy similares.

El resultado de la **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)** en el tratamiento con la especie jacinto de agua es de 19mg/l, dando una eficiencia de remoción del 98,4%, seguido de 68mg/l en el tratamiento con la especie lenteja de agua, los resultados obtenidos de los dos tratamientos se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de 100mg/l establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, (Martelo y Lara, 2012), mencionan que el jacinto de agua posee un gran potencial en la reducción de la DBO<sub>5</sub>, registrando una reducción de hasta el 95%.

El resultado del parámetro **Demanda Química de Oxígeno (DQO)** en el tratamiento con la especie jacinto de agua es de 130mg/l y 190mg/l en el tratamiento con la especie lenteja de agua, dando una eficiencia de remoción del 95,8% y 93,9% respectivamente; los cuales comparado con los límites máximos permisibles de 200mg/l. se establece que el jacinto de agua posee mayor potencial en la degradación de DBO, sin embargo, la especie lenteja de agua también presenta un buen potencial fitorremediador. (Solís, López, Bautista, Hernández y Remellón, 2016), comprobaron que la máxima remoción de DQO 90,2% se obtuvo empleando la especie jacinto de agua.

### **7.3 Para los resultados del tercer objetivo específico**

#### **7.3.1 Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales procedentes del camal, mediante el empleo de la especie que mejores resultados de remoción de contaminantes presente.**

El diseño de este humedal consiste en un área abierta de poca profundidad que tiene un recubrimiento en el fondo para prevenir la percolación del agua freática susceptible de ser contaminada, donde el agua fluye libremente y la vegetación es flotante. (Montiel, 2014), establece que a medida que el agua residual fluye a través del humedal, esta es tratada por procesos de sedimentación, oxidación, reducción, absorción y precipitación. El afluente de estos humedales se distribuye sobre una área extensa, somera y vegetación flotante, la lenta velocidad que se produce y el flujo esencialmente laminar proporcionan una remoción muy efectiva del material particulado. Este material particulado caracterizado como sólidos suspendidos totales, contiene componentes con una demanda bioquímica de oxígeno, distintos arreglos de nitrógeno total y fósforo total y compuestos orgánicos más complejos.

La oxidación o reducción de estas partículas libera formas solubles de DBO, nitrógeno total y fósforo total al humedal en donde están disponibles para la absorción y remoción por parte de las poblaciones microbianas y vegetales activas a lo largo del humedal. El oxígeno está disponible en la superficie del agua, en micro zonas de la superficie de plantas vivas en superficies de raíces y rizomas, lo cual permite que se produzca actividad aerobia en el humedal. Los humedales de flujo superficial si son efectivos en cuanto a la remoción de DBO, SST, metales y algunos contaminantes orgánicos prioritarios dado que su tratamiento puede ocurrir bajo condiciones aerobias.



## 8 CONCLUSIONES

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

El camal municipal del Cantón El Pangui no cuenta actualmente con un sistema óptimo para el tratamiento de las aguas residuales generadas durante el proceso de faenamiento.

De los ocho parámetros caracterizados y comparados con los límites máximos permisibles, solo uno se encuentra dentro de los límites máximos permisibles.

El tratamiento con jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) es parcialmente beneficioso ya que demostró mayor potencial fitorremediador que la lenteja de agua (*Lemna minor*) específicamente en los siguientes parámetros: Sulfatos, DBO, DQO, mientras que el parámetro Aceites y Grasas presenta igual eficiencia por las dos especies.

Con base en los resultados obtenidos se comprobó que la lenteja de agua (*Lemna minor*) tiene mayor potencial fitorremediador únicamente en los parámetros: Sólidos Suspendidos Totales y cloruros.

Esta investigación se complementa con el diseño de un sistema para el tratamiento de las aguas residuales, el mismo que se realizó considerando la especie vegetal que tuvo mayor número de parámetros asimilados.

El costo de la implementación del diseño experimental, incluyendo los análisis iniciales y finales de laboratorio fue de 1634,50 dólares americanos; mientras que el costo para la implementación del humedal de flujo superficial es de 1760,05 dólares americanos.

## 9 RECOMENDACIONES

### **Para el GAD del cantón El Panguí:**

Se recomienda la gestión necesaria para la construcción de un sistema biológico para el tratamiento de las aguas residuales generadas por el camal municipal.

Se recomienda que las piscinas para el tratamiento final de las aguas residuales del camal municipal con la especie (*Eichhornia crassipes*) sean de dimensiones considerables para efectuar retiradas periódicas de la biomasa de la especie, permitiendo de esta manera que las plantas puedan seguir creciendo y mejorando su potencial fitorremediador.

Se recomienda la utilización de la especie *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de las aguas residuales procedentes del camal municipal, la cual presenta mayor potencial fitorremediador frente a la especie *Lemna minor*.

El tratamiento del agua residual con la especie *Lemna minor* no es muy recomendable, sin embargo, ayuda a la disminución de concentración de ciertos parámetros presentes en altas concentraciones.

Desde el punto de vista económico y ecológico se recomienda el tratamiento de las aguas residuales mediante métodos biológicos, sin embargo, para una mayor efectividad se recomienda la combinación de métodos físicos y biológicos.

**Para las instituciones educativas:**

Motivar e incentivar a los estudiantes a desarrollar trabajos de investigación relacionados en temáticas de depuración de aguas residuales mediante métodos biológicos.

Evaluar las dos especies estudiadas juntas para determinar si existe mayor potencial de fitorremediación.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD). (2013). *Manual de procedimientos para la inspección y habilitación de mataderos*. Quito.
- Agudelo, B., Macias, K. & Suarez, A. (2005). Revista Lasallista de Investigación. *Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520110>
- Araiza, M. (1987). *Tratamiento de aguas residuales*. Universidad de Sonora, Sonora, México.
- Arroyave, M. (2004, 1 de febrero). La lenteja de agua (*Lemna minor L.*): una planta acuática promisoría. *Revista EIA*, p.34-35.
- Asamblea Nacional. (2008). *Constitución Política de la República del Ecuador*. Montecristi.
- Asamblea Nacional. (2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. Quito.
- Barba, L. (2002). *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición*. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- Benítez, R., Calero, V., Peña, E. & Martin, J. (2011). *Evaluación de la cinética de la acumulación de cromo en el buchón de agua (Eichhornia crassipes)*. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.

- Carrión, L. & Cuenca, N. (2008). *Bioensayo con macrofitas acuáticas para el tratamiento de lixiviados procedentes del relleno sanitario de Pichacay*. Cuenca, Ecuador.
- Consecuencias de la contaminación del agua. *Ocio Ultimate Magazine*. Recuperado de <http://www.ocio.net/estilo-de-vida/ecologismo/consecuencias-de-la-contaminacion-del-agua/>
- Cubillos A. (2006). *Parámetros y características de las aguas residuales*. Lima – Perú.
- D'Alessandri, M. (2012). *Caracterización y tratamiento de aguas residuales provenientes de las plantas de producción*. Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Venezuela.
- Delgadillo, A., González, C., Prieto, G., Villagómez, J. & Acevedo, O. (2011). *Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca de Soto, México.
- Elorza, M., Sánchez, E. & Sobrino, E. (2004). *Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España*. Madrid.
- FAO. (1994). *Ecología y enseñanza rural: Manual para profesores rurales del área andina*. Madrid.
- FAO. (1996). *Ecología y enseñanza rural: Nociones básicas ambientales para profesores rurales y extensionistas*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón El Pangui. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. El Pangui.

Gómez, A. (2008). *Propuesta de planta tratadora de aguas residuales*. Universidad de Sonora, Sonora, México.

Green Mind (2012, 24 de abril). La importancia de conservar el agua. Conoce, participa y siente el Medio Ambiente. Recuperado de <http://greenmente.blogspot.com/2012/04/la-importancia-de-conservar-el-agua.html>

Jaramillo, M. & Flores, E. *Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor (lenteja de agua) y Eichhornia crassipes (jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera*. Universidad politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

López, D. (2012). *Aprovechamiento del lechuguín ("Eichhornia crassipes") para la generación de abono orgánico mediante la utilización de tres diseños diferentes de biodigestores*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

Luna, D. (1987). *Diseño preliminar de una planta de tratamiento para aguas negras en la ciudad de Hermosillo, Sonora*. Universidad de Sonora, Sonora, México.

Martínez, O. (2011). *Biología y Comportamiento de Neochetina eichhorniae (Warner) (coleóptera: curculionidae: erirhininae) en condiciones de laboratorio*. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México.

Ministerio de Salud Pública. (2012). *Ley orgánica de Salud*. Quito.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (2015). *Acuerdo Ministerial 097-A*. Quito.

PLANET INV. (2003). *Proyecto para el manejo del recurso hídrico colombiano*. Colombia.

- 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, Ecuador.*
- Ruiz, S. (2011). *Plan de gestión de residuos del camal del Cantón Antonio Ante. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.*
- Zayed, A., Gowthaman, S. & Terry, N. (1998). *Phytoaccumulation of Trace Elements by Wetland Plants.*

## 11 ANEXOS

### Anexo 1. Etiqueta para la muestra.

Datos de la Muestra	
Fecha.....	Código.....
Coordenadas UTM: .....	
Responsable:.....	











Hoja de campo 5.

Especie a evaluar: *Lemna minor* (L.) Griff.

Parámetro a evaluar: Porcentaje de mortalidad.

PORCENTAJE DE MORTALIDAD DE LAS PLANTAS LENTEJA DE AGUA (%)												
Porcentaje %	Semanas de evaluación											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

**Anexo 2.** Conjunto de fotografías del desarrollo experimental de la investigación.



**Fotografía 2.** Construcción de las piscinas experimentales.



**Fotografía 3.** Instalación de tuberías en las piscinas experimentales.



**Fotografía 4.** Colocación del techo en las piscinas experimentales.



**Fotografía 5.** Colocación de piedra en las piscinas experimentales.



**Fotografía 6.** Colocación de grava en las piscinas experimentales.



**Fotografía 7.** Colocación de tierra en las piscinas experimentales.



**Fotografía 8.** Llenado con agua residual las piscinas experimentales



**Fotografía 9.** Siembra de la especie *Eichhornia crassipes*



**Fotografía 10.** Siembra de la especie *Lemna minor*



**Fotografía 11.** Etiquetado de las muestras

### Anexo 3. Resultado de la línea base del agua residual proveniente del camal municipal de El Pangui.



#### REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** Universidad Nacional de Loja  
Zamora  
Telf: 0979428895

**Atn:** Sr. Alberto Pineda

**Proyecto:** ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL DEL CAMAL EL PANGUI

**Muestra Recibida:** 07-sep-16

**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Agua

**Análisis Completado:** 15-sep-16

**Número reporte Gruntec:** 1609085-AG001

Rotulación Muestra:	CPM 01	Límite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA b)	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	07-sep-16		
No. Reporte Gruntec:	1609085-AG001		
<b>Físico Químico:</b>			
Conductividad $\mu\text{S/cm}$ <sup>(1,2)</sup>	983	N/A	EPA 9050 A / MM-AG-S-02
Sólidos Suspendidos Totales $\text{mg/L}$ <sup>(1,2)</sup>	6886	130	SM 2540 D / MM-AG-05
<b>Aniones y No Metales:</b>			
Cloruro $\text{mg/L}$ <sup>(1,2)</sup>	78 <sup>a)</sup>	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Sulfato $\text{mg/L}$ <sup>(1,2)</sup>	0.37 <sup>a)</sup>	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
<b>Parámetros Orgánicos:</b>			
Aceites y Grasas $\text{mg/L}$ <sup>(1,2)</sup>	75	30.0	EPA 1664 / MM-AG-S-32
Demanda Bioquímica de Oxígeno $\text{mg/L}$ <sup>(1,2)</sup>	1252	100	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno $\text{mg/L}$ <sup>(1,2)</sup>	3125	200	SM 5220 D / MM-AG-18

#### Registros y Acreditaciones:

<sup>(1)</sup> Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

<sup>(2)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

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

N/A - No Aplica

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

b) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

#### INCERTIDUMBRE (U):

Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29; Conductividad en agua = 0.11;

Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Aceites y Grasas en Aguas = 0.29; Sólidos Suspendidos Totales = 0.12; Aniones = 0.25

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 4

**Anexo 4. Resultado del tratamiento con la especie jacinto de agua**  
(*Eichhornia crassipes*).



**REPORTE DE ANÁLISIS**

**Cliente:** Universidad Nacional de Loja  
Zamora  
Telf: 0979428895

**Atn:** Sr. Alberto Pineda

**Proyecto:** ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL DEL CAMAL EL PANGUI

**Muestra Recibida:** 07-sep-16

**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Agua

**Análisis Completado:** 15-sep-16

**Número reporte Gruntec:** 1609085-AG002

Rotulación Muestra:	CPM 02	Limite Máximo Permissible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097- A, TULSMA a)	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	07-sep-16		
No. Reporte Gruntec:	1609085-AG002		
<b>Físico Químico:</b>			
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ <sup>(1,2)</sup>	403	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Sólidos Suspendedos Totales $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	49	130	SM 2540 D / MM-AG-05
<b>Aniones y No Metales:</b>			
Cloruro $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	11	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Sulfato $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	0.55	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
<b>Parámetros Orgánicos:</b>			
Aceites y Grasas $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	0.8	30.0	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Bioquímica de Oxígeno $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	19	100	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	130	200	SM 5220 D / MM-AG-18

**Registros y Acreditaciones:**

<sup>(1)</sup> Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

<sup>(2)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

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

N/A - No Aplica

a) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

INCERTIDUMBRE (U):

Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29; Conductividad en agua = 0.11;

Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Aceites y Grasas en Aguas = 0.29; Sólidos Suspendedos Totales = 0.12; Aniones = 0.25

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 2 de 4



## Anexo 5. Resultado del tratamiento con la especie lenteja de agua (*Lemna* minor).



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

### REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** Universidad Nacional de Loja  
Zamora  
Telf: 0979428895

**Atn:** Sr. Alberto Pineda

**Proyecto:** ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL DEL CAMAL EL PANGUI

**Muestra Recibida:** 07-sep-16

**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Agua

**Análisis Completado:** 15-sep-16

**Número reporte Gruentec:** 1609085-AG003

Rotulación Muestra:	CPM 03	Límite Máximo Permissible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA a)	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	07-sep-16		
No. Reporte Gruentec:	1609085-AG003		
<b>Físico Químico:</b>			
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ <sup>(1,2)</sup>	507	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Sólidos Suspendedos Totales $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	21	130	SM 2540 D / MM-AG-05
<b>Aniones y No Metales:</b>			
Cloruro $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	10	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Sulfato $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	1.7	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
<b>Parámetros Orgánicos:</b>			
Aceites y Grasas $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	0.8	30.0	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Bioquímica de Oxígeno $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	68	100	SM 5210 B.D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	190	200	SM 5220 D / MM-AG-18

#### Registros y Acreditaciones:

<sup>(1)</sup> Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

<sup>(2)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

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

N/A - No Aplica

a) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

INCERTIDUMBRE (U):

Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29; Conductividad en agua = 0.11;

Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Aceites y Grasas en Aguas = 0.29; Sólidos Suspendedos Totales = 0.12; Aniones = 0.25

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 3 de 4

## Anexo 6. Resultado del tratamiento testigo.



### REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** Universidad Nacional de Loja  
Zamora  
Telf: 0979428895

**Atn:** Sr. Alberto Pineda

**Proyecto:** ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL DEL CAMAL EL PANGUI

**Muestra Recibida:** 07-sep-16

**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Agua

**Análisis Completado:** 15-sep-16

**Número reporte Gruentec:** 1609085-AG004

Rotulación Muestra:	CPM 04	Límite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA b)	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	07-sep-16		
No. Reporte Gruentec:	1609085-AG004		
<b>Físico Químico:</b>			
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ <sup>(1,2)</sup>	621	N/A	EPA 9050 A / MM-AG-S-02
Sólidos Suspendedos Totales $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	441	130	SM 2540 D / MM-AG-05
<b>Aniones y No Metales:</b>			
Cloruro $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	23 <sup>a)</sup>	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Sulfato $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	0.3 <sup>a)</sup>	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
<b>Parámetros Orgánicos:</b>			
Aceites y Grasas $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	4.8	30.0	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Bioquímica de Oxígeno $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	272	100	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno $\text{mg}/\text{L}$ <sup>(1,2)</sup>	940	200	SM 5220 D / MM-AG-18

#### Registros y Acreditaciones:

<sup>(1)</sup> Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

<sup>(2)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

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

N/A - No Aplica

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

b) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

INCERTIDUMBRE (U):

Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29; Conductividad en agua = 0.11;

Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Aceites y Grasas en Aguas = 0.29; Sólidos Suspendedos Totales = 0.12; Aniones = 0.25

Cálculo:  $C \pm U \times C$  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.

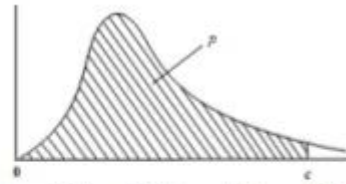
Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 4 de 4

**Anexo 7.** Tabla para valores de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) crítico.

$$p = P(X \leq c)$$



$p$	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

## ÍNDICE GENERAL

### ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA .....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA .....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
1 TÍTULO .....	1
2 RESUMEN .....	2
2.1 SUMMARY .....	3
3 INTRODUCCIÓN .....	4
4 REVISIÓN DE LITERATURA .....	7
4.1 El agua como elemento indispensable para la vida .....	7
4.1.1 Concepto de agua. ....	8
4.1.2 Principales usos del agua. ....	8
4.1.3 Importancia de la conservación. ....	9
4.1.4 Contaminación del agua. ....	9
4.1.5 Principales fuentes de contaminación hídrica. ....	10
4.2 Características de las aguas residuales .....	14
4.2.1 Físicas. ....	14
4.2.2 Químicas. ....	16
4.2.3 Biológicas. ....	20
4.3 Definición de matadero bajo inspección oficial (MABIO) .....	22
4.3.1 Clases de camales o mataderos. ....	22

4.4	La Fitorremediación .....	23
4.4.1	Conceptualización. ....	23
4.4.2	Especies con potencial fitorremediador. ....	24
4.5	Investigaciones desarrolladas en la temática .....	31
4.5.1	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.....	31
4.5.2	Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor (lenteja de agua), y Eichhornia crassipes (jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera. ....	31
4.5.3	Bioensayo con macrofitas acuáticas para el tratamiento de lixiviados procedentes del relleno sanitario de Pichacay. ....	32
4.6	MARCO LEGAL. ....	37
4.6.1	Constitución de la república del Ecuador.....	37
4.6.2	Ley orgánica de salud. ....	38
4.6.3	Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.....	38
5	MATERIALES Y MÉTODOS .....	41
5.1.	Materiales.....	41
5.1.1	Materiales de campo. ....	41
5.1.2	Materiales de oficina.....	41
5.2	Métodos .....	42
5.2.1	Información referente al área de estudio. ....	42
5.3	Tipo de investigación.....	44
5.4	VARIABLES DE ESTUDIO .....	44

5.4.1	Variable independiente.....	44
5.4.2	Variable dependiente.....	44
5.4.3	Tratamientos a evaluar.....	44
5.5	Hipótesis .....	45
5.5.1	Hipótesis Nula (Ho). .....	45
5.5.2	Hipótesis Alternativa (H1). .....	45
5.6	Metodología para el primer objetivo específico.....	45
5.6.1	Recorrido de campo. ....	45
5.6.2	Entrevista. ....	46
5.6.3	Medición de caudal. ....	46
5.6.4	Medición de pH. ....	46
5.6.5	Medición de temperatura. ....	47
5.6.6	Identificación del lugar de muestreo. ....	47
5.6.7	Tipo y número de muestra.....	47
5.6.8	Cantidad de muestra a tomar. ....	47
5.6.9	Toma de la muestra.....	47
5.6.10	Etiquetado de la muestra.....	48
5.6.11	Parámetros a medir. ....	48
5.6.12	Transporte de las muestras. ....	49
5.6.13	Análisis de laboratorio. ....	49
5.6.14	Análisis de resultados.....	49
5.7	Metodología para el segundo objetivo específico .....	50
5.7.1	Selección del sitio.....	50
5.7.2	Área para la construcción de las piscinas.....	51
5.7.3	Adecuación del área a construir. ....	51

5.7.4	Construcción de piscinas experimentales.....	51
5.7.5	Implementación del ensayo con las especies vegetales.....	52
5.7.6	Diseño experimental.....	54
5.7.7	Monitoreo y seguimiento. ....	55
5.7.8	Protocolo de muestreo para la evaluación del potencial fitorremediador de las especies. ....	56
5.7.9	Cantidad de puntos a muestrear. ....	56
5.7.10	Análisis de resultados.....	57
5.8	Metodología para el tercer objetivo.....	57
5.8.1	Diseño de un humedal de flujo superficial o de flujo libre. ....	57
6	RESULTADOS.....	59
6.1	Resultados del primer objetivo específico.....	59
6.1.1	Caracterizar las aguas residuales provenientes del camal ubicado en el Barrio la Recta Cantón El Panguí.....	59
6.2	Resultados del segundo objetivo específico.....	64
6.2.1	Evaluar la capacidad de depuración de aguas residuales provenientes del camal, con las especies Eichhornia crassipes (Mart.) Solms. y Lemna minor (L.) Griff. ....	64
6.3	Resultados del tercer objetivo específico.....	78
6.3.1	Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales procedentes del camal, mediante el empleo de la especie que mejores resultados de remoción de contaminantes presente. ....	78
7	DISCUSIÓN.....	83
7.1	Para los resultados del primer objetivo específico.....	83

7.1.1	Caracterizar las aguas residuales provenientes del camal ubicado en el Barrio la Recta Cantón El Panguí.....	83
7.2	Para los resultados del segundo objetivo específico .....	85
7.2.1	Evaluar la capacidad de depuración de aguas residuales provenientes del camal, con las especies <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms. y <i>Lemna minor</i> (L.) Griff .....	85
7.3	Para los resultados del tercer objetivo específico .....	88
7.3.1	Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales procedentes del camal, mediante el empleo de la especie que mejores resultados de remoción de contaminantes presente. ....	88
8	CONCLUSIONES.....	90
9	RECOMENDACIONES .....	91
10	BIBLIOGRAFÍA.....	93
11	ANEXOS.....	97

### Índice de Tablas

Tabla 1.	Ventajas y desventajas de la fitorremediación. ....	23
Tabla 2.	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	39
Tabla 3.	Tabla comparativa; parametros ex situ .....	49
Tabla 4.	Tabla comparativa; parametros in situ .....	50
Tabla 5.	Distribucion de las especies por cada tratamiento .....	53



### Índice de Cuadros

Cuadro 1. Evaluación del crecimiento de la especie jacinto de agua a diferentes concentraciones de lixiviado.....	35
Cuadro 2. Determinación de los distintos parámetros presentes en el lixiviado analizado y el cálculo de los valores en disolución.....	36
Cuadro 3. Resultados de la depuración de los siguientes parámetros por la especie jacinto de agua a los 8, 15 y 30 días.....	36
Cuadro 4. Método volumétrico.....	60
Cuadro 5: Medición de pH.....	61
Cuadro 6. Medición de temperatura.....	61
Cuadro 7. Resultados de laboratorio.....	62
Cuadro 8. Parámetros evaluados de la especie <i>Eichhornia crassipes</i> (R1)...	64
Cuadro 9. Parámetros evaluados de la especie <i>Eichhornia crassipes</i> (R2)...	65
Cuadro 10. Porcentaje de cobertura de la especie <i>Lemna minor</i> (R1).....	66
Cuadro 11. Porcentaje de cobertura de la especie <i>Lemna minor</i> (R2).....	67
Cuadro 12. Resultados de los dos tratamientos.....	67
Cuadro 13. Tabla de contingencia con las frecuencias observadas en los tratamientos uno y dos.....	72
Cuadro 14. Resultado de la suma de las frecuencias observadas.....	73
Cuadro 15. Tabla de contingencia de las frecuencias esperadas.....	75
Cuadro 16. Análisis de costo del humedal de flujo superficial.....	82

### Índice de Figuras

Figura 1. Dimensiones de las piscinas experimentales.....	52
Figura 2. Distribución de tratamientos.....	54
Figura 3. Comparación entre la Línea Base y los Límites Max. Permisibles. .	63

Figura 4. Resultados del parámetro pH analizados en los dos tratamientos..	68
Figura 5. Resultados del parámetro Sólidos suspendidos Totales.....	68
Figura 6. Resultados del parámetro Cloruro .....	69
Figura 7. Resultados del parámetro Sulfato. ....	70
Figura 8. Resultados del parámetro Aceites y Grasas .....	70
Figura 9. Resultados del parámetro DBO.....	71
Figura 10. Resultados del parámetro DQO. ....	71

### Índice de Fotografías

Fotografía 1. Morfología de ( <i>Eichhornia Crassipes</i> ). ....	25
Fotografía 2. Construcción de las piscinas experimentales. ....	102
Fotografía 3. Instalacion de tuberias en las piscias experimentales. ....	102
Fotografía 4. Colocación de techo en las piscinas experimentales.....	102
Fotografía 5. Colocación de piedra en las piscinas experimentales.....	102
Fotografía 6. Colocación de grava en las piscinas experimentales.....	103
Fotografía 7. Colocación de tierra en las piscinas experimentales. ....	103
Fotografía 8. Llenado con agua residual las piscinas experimentales. ....	103
Fotografía 9. Siembra de la especie <i>Eichhornia crassipes</i> . ....	103
Fotografía 10. Siembra de la especie <i>Lemna minor</i> . ....	103
Fotografía 11. Etiquetado de las muestras. ....	103

### Índice de Mapas

Mapa 1. Ubicación geográfica del área de estudio. ....	42
--	----